



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRAUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO
ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

Fábio Gomes Miranda

**ABORDAGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DE ENERGIA A PARTIR DOS TRÊS
MOMENTOS PEDAGÓGICOS E UM JOGO DE TABULEIRO.**

Blumenau
2023

Fábio Gomes Miranda

**ABORDAGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DE ENERGIA A PARTIR DOS TRÊS
MOMENTOS PEDAGÓGICOS E UM JOGO DE TABULEIRO.**

Dissertação submetida ao curso de Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física do Campus Blumenau da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Dallagnol Alloy

Blumenau
2023

Miranda, Fábio Gomes

Abordagem Histórico-conceitual de Energia a partir dos Três Momentos Pedagógicos e um Jogo de Tabuleiro / Fábio Gomes Miranda ; orientador, Prof. Dr. Marcelo Dallagnol Alloy, 2023. 108 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

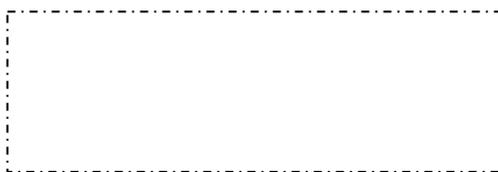
1. Ensino de Física. 2. Os três momentos pedagógicos. 3. Jogo de Tabuleiro. 4. Produto educacional. I. Alloy, Prof. Dr. Marcelo Dallagnol. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. Título.

Fábio Gomes Miranda

**ABORDAGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DE ENERGIA A PARTIR DOS TRÊS
MOMENTOS PEDAGÓGICOS E UM JOGO DE TABULEIRO.**

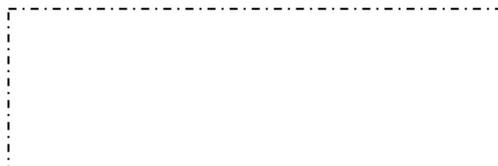
Este Trabalho em nível de mestrado foi julgado adequada pela banca examinadora para obtenção do título de mestre e aprovado em sua forma final pelo programa do MNPEF.

Local Blumenau, 22 de agosto de 2023.



Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Marcelo Dallagnol Alloy, Dr.

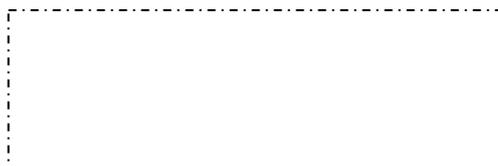
Universidade Federal de Santa Catarina

Orientador



Prof.(a) Lara Fernandes dos Santos Lavelli, Dr.(a)

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.(a) Nara Rubiano da Silva, Dr.(a)

Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 2023.

Dedico esse trabalho a minha amada esposa Silvia Rux, ao meu filho João Victor Almeida Miranda, a meus amados pais, família e a meus amados alunos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar ânimo em momentos que não tinha, das intensas dores que me acompanharam por esses anos e que Ele guiou os médicos que trouxeram alívio a essas dores com um novo tratamento.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo suporte e financiamento do programa. E a Universidade Federal de Santa Catarina campus Blumenau pela oportunidade de sediar o curso de pós-graduação do Mestrado Profissional no Ensino de Física.

Agradeço aos professores da Universidade Federal de Santa Catarina campus Blumenau do programa de pós-graduação do Mestrado Profissional Nacional no Ensino de Física pelo grande aprendizado e experiências nas aulas de forma presencial ou mesmo de forma remota no período de isolamento, em que enriqueceram muito meu conhecimento no ensino de Física. E agradeço principalmente ao meu orientador, professor Doutor Marcelo Dallagnol Alloy, pelo incrível profissional que és, por sua humildade e principalmente pela paciência em orientar uma pessoa com certas dificuldades em articular uma boa escrita. Obrigado professor!

Agradeço também a minha amada esposa Silvia Rux, que por esses anos de mestrado foi paciente, solícita, amiga, encorajadora e acima de tudo amorosa. Esse trabalho dedico a você. Agradeço ao amado filho João Victor, a meus pais e demais familiares.

Não tem como me esquecer dos amados alunos, pois é por eles tenho me qualificado mais e mais a cada dia, principalmente aos educandos dos segundos anos seis, sete e oito do ensino médio noturno de 2022 da Escola de Ensino Básico Professor Júlio Scheidemantel do município de Timbó, pois foi com eles a aplicação do produto didático e a dedicação aos estudos não só no transcorrer do produto, mas em todo ano letivo, a cada um o meu mais sincero agradecimento.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton (5 de fevereiro de 1676)

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um produto didático no uso da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs), sendo que o terceiro momento à aplicação de forma avaliativa de um jogo de tabuleiro voltado ao conceito da energia e sua conservação, em que o jogo foi criado pelo próprio mestrando. Inicialmente, o produto apresentado na qualificação do Curso de Mestrado tinha o intuito de estudar o conceito de energia num parque de diversões, porém devido à pandemia da COVID-19 e com as restrições tomadas se tornou inviável a aplicação de tal produto com uma viagem de campo a um parque de diversões. Então, o produto foi readaptado tendo como estratégia pedagógica o desenvolvimento de um jogo educacional de tabuleiro como parte inerente a metodologia dos três momentos pedagógicos na abordagem histórico-conceitual da energia e a conservação da energia mecânica. Essa aplicação ocorreu quando houve uma certa flexibilização nos protocolos, quando a aplicação se deu de forma presencial e controlada. O presente trabalho retrata a importância da história da Física como marco inicial para construção de um conhecimento científico trazendo um maior desempenho da aprendizagem do aluno explorando as habilidades de argumentação e colaboração, que muitas vezes não são consideradas no ensino tradicional. Esse produto foi construído usando a metodologia dos três momentos pedagógicos. O primeiro deles, a *Problematização inicial*, é aquele em que o professor irá problematizar o conceito a ser abordado, que no caso desse trabalho, foi o conceito da energia, sendo analisados os conhecimentos prévios que o aluno possui sobre o assunto. O segundo momento refere-se à *Organização do Conhecimento*, em que será tratado todo o processo de ensino sobre o objeto do conhecimento a ser estudado. Nesse momento o professor irá desenvolver atividades práticas, abordando o conceito de energia nos aspectos histórico e matemático, sendo também desenvolvidos estudos em pequenos grupos, buscando construir os conhecimentos científicos associados ao conceito apresentado. Por fim, o terceiro momento trata da fundamentação do conhecimento científico com a *Aplicação do Conhecimento*, em que serão aplicadas atividades que sejam fundamentais na estruturação da aprendizagem do aluno, sendo também o momento em que o professor poderá avaliar o desenvolvimento de cada um através da aplicação de um jogo de tabuleiro relacionado ao conceito de energia e a conservação de energia mecânica. Este produto teve uma enorme relevância no ensino-aprendizagem do aluno, pois houve grande interação professor-aluno e aluno-aluno, o que gerou um maior interesse no aprendizado de Física.

Palavras-chave: Jogo educacional de tabuleiro; Energia; Três momentos pedagógicos.

ABSTRACT

The aim of this work was to create an educational product for the development and application of a board game focused on the concept of energy and its conservation. Initially, the product presented in the qualification phase of this project proposed studying the concept of energy in an amusement park, but due to the COVID-19 pandemic and the restrictions taken thereupon it became impossible to apply the product during a field trip to an amusement park. Therefore, the product was adapted to an educational board game that addresses the historical-conceptual development of energy and its conservation. This application occurred when there was some flexibility in the protocols, therefore done in a controlled and in-person manner. This study emphasizes the importance of using games as a pedagogic support for learning and the exploration of collaborative and argumentative skills that are often not considered in traditional teaching. The structure of the board game's narrative is related to a didactic sequence in the study of the concepts of energy and energy conservation. This product was built using the methodology of *the three pedagogical moments* and it was structured as follows. In the *Initial Problematic*, the first moment, the teacher talks over the concept to be addressed, which in the case of this work was the concept of energy, analyzing the student's prior knowledge on the subject. The second moment refers to the *Organization of Knowledge*, when the entire teaching process on the object of knowledge to be studied happens. At this moment, the teacher develops practical activities, historical-conceptual and mathematical approaches, and also puts forth studies in small groups, seeking to construct the scientific knowledge of the presented concept. Finally, the third moment deals with the foundation of scientific knowledge and the *Application of Knowledge*, when activities that are foundational in student learning will be applied. This is also the moment when the teacher can evaluate each student's development. The product had enormous relevance in student learning because there was great teacher-student and student-student interactions, and there was a greater interest in learning Physics.

Keywords: Educational board game; Energy; Three Pedagogical Moments.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REI LUÍS XIV JOGANDO BILHAR COM A CORTE	23
FIGURA 2 - MARQUESA ÉMILIE DU CHÂTELET	25
FIGURA 3 - EXEMPLO DE ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA.....	37
FIGURA 4 - EXEMPLO DE ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL	38
FIGURA 5 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO DE TIPOS DE JOGOS DE TABULEIRO	48
FIGURA 6 - TABULEIRO DO JOGO	49
FIGURA 7 - CARTA DE PERGUNTA E SÍMBOLO DA CASA DE PERGUNTA	52
FIGURA 8 - CARTA DE ÔNUS E O SÍMBOLO DE PROIBIDO	52
FIGURA 9-1 E 9-2 - CARTÃO DE NÍVEL DE ENERGIA 15 E PONTO DE ABASTECIMENTO	53

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS RELACIONADAS À ENERGIA	55
-------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE IMAGENS

IMAGEM 1 - REUNIÃO EM PEQUENOS GRUPOS PARA PRODUÇÃO DO MAPA.....	55
IMAGEM 2 - MAPA MENTAL (APRESENTAÇÃO)	63
IMAGEM 3 - MAPA MENTAL (APRESENTAÇÃO)	63
IMAGEM 4 - TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA EM ENERGIA CINÉTICA	65
IMAGEM 5 - TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ENERGIA LUMINOSA	65
IMAGEM 6 - MAPA CONCEITUAL (APRESENTAÇÃO FINAL)	67
IMAGEM 7 - MAPA CONCEITUAL (APRESENTAÇÃO FINAL).....	67
IMAGEM 8 - JOGO <i>RALLY ENERGY</i> (PROCESSO AVALIATIVO).....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PCSC	Proposta Curricular de Santa Catarina
3MPs	Três momentos pedagógicos
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil
SI	Sistema Internacional de Unidades

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	INTRODUÇÃO TEÓRICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM	19
2.1	metodologia: os três momentos pedagógicos	19
3	INTRODUÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA	21
3.1	qual é o conceito de energia?	21
3.1.1	Marcos históricos da evolução do conceito de Energia	22
3.2	estudo físico-matemático do conceito da energia e sua conservação	34
3.2.1	Energia Cinética e o Trabalho Realizado	34
3.2.2	Energia Potencial Gravitacional e Elástica	37
4	PRODUTO DIDÁTICO	45
4.1	DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE TABULEIRO	46
4.2	APLICAÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO	54
4.2.1	Problematização inicial	54
4.2.2	Organização do conhecimento	64
4.2.3	Aplicação do conhecimento	66
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

1 INTRODUÇÃO

Na formação da educação básica, os conceitos definidos que orientam as aulas de Física devem alinhar-se aos objetivos da formação integral do sujeito. Esta abordagem deve encorajar os alunos a ler, explorar, analisar e agir. A instrução não deve existir isoladamente, desprovida de oportunidades para uma compreensão mais profunda do mundo. O conhecimento da Física, juntamente com outros assuntos em todas as disciplinas, pode se tornar um instrumento inestimável para os indivíduos transformarem seus processos de pensamento. Incentivar habilidades reflexivas e investigativas é crucial para orientar os alunos a navegar por uma miríade de desafios modernos, como preocupações ambientais, crises de energia, avanços médicos, ferramentas tecnológicas e compreensão do vasto universo (PCSC, 2014, p. 167). A Proposta Curricular de Santa Catarina (PCSC) instrui os docentes a aplicarem ferramentas e metodologias que visem desenvolver competências e habilidades alinhadas ao cotidiano dele. A PCSC (2014) retrata que “...o ensino de Física deve ser contextualizado, centrado nos conceitos fundantes, ao longo de todo o percurso formativo, de forma dialogada e estimulante” (PCSC, 2014, p. 164). Nesse aspecto, o professor precisa buscar metodologias que facilitem a aprendizagem do estudante. A metodologia adotada pelo docente deve se adequar às necessidades do educando, ou seja, cabe ao professor investigar as necessidades, as deficiências e as habilidades de cada aluno. Zabala (1998) aborda esse aspecto da seguinte maneira:

Das diferentes variáveis que configuram as propostas metodológicas, analisaremos primeiro a que é determinada pela série ordenada e articulada de atividades que formam as unidades didáticas. Situamos esta variável em primeiro lugar porque é a mais fácil de reconhecer como elemento diferenciador das diversas metodologias ou formas de ensinar. Os tipos de atividades, mas sobretudo sua maneira de se articular, são um dos traços diferenciais que determinam a especificidade de muitas propostas didáticas. Evidentemente, a exposição de um tema, a observação, o debate, as provas, os exercícios, as aplicações, etc., podem ter um caráter ou outro segundo o papel que se atribui, em cada caso, aos professores e alunos, à dinâmica grupal, aos materiais utilizados, etc. Mas o primeiro elemento que identifica um método é o tipo de ordem em que se propõem as atividades. Deste modo, pode se realizar uma primeira classificação entre métodos expositivos ou manipulativos, por recepção ou por descoberta, indutivos ou dedutivos, etc”. (ZABALA, 1998, p. 53)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) traz unidades temáticas estruturantes. Uma dessas unidades trata do tema “*Matéria e Energia*” que aborda a compreensão da estruturação do universo a partir da observação e do entendimento

dos fenômenos físicos universais (SANTA CATARINA, 2020, p. 175). A PCSC descreve como fundamental o estudo dos conceitos de matéria e energia com uma abordagem atual, sendo possível ser discutida nos diferentes componentes da área das ciências da natureza e suas tecnologias (PCSC, 2014, p. 167). A PCSC (2014) expressa o seguinte contexto da amplitude do conceito da Energia:

[...] Com esta abrangência professores e sujeitos da aprendizagem poderão construir noções da energia e da matéria coerentes com a produção científica e tecnológica atual. Sob este prisma a definição de energia não se limita à 'capacidade de realizar trabalho', nem a de massa como 'aquilo que ocupa lugar no espaço'. A relevância desses conceitos fundantes é justificada quando se observam os processos que ocorrem no entorno e se percebe que, de alguma maneira, há o envolvimento da matéria e de alguma forma de energia em todos eles. (PCSC, 2014, p. 167)

O estudo sistematizado sobre energia e seu princípio de conservação não está somente relacionado aos detalhes matemáticos que descrevem precisamente o comportamento dessa importante grandeza física, mas também à evolução histórica do conceito como unificador e estruturante da primeira lei da termodinâmica e no estudo das máquinas térmicas (OLIVEIRA, 2006, p. 230).

O conceito de energia trata de uma temática muito discutida nos dias de hoje, porém pouco compreendida. Devido à grande relevância do assunto, coube a elaboração do produto educacional baseado na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs) (DELIZOICOV, 2012, p. 155). O primeiro momento trata da *Problematização Inicial*, nas quais são apresentadas situações do cotidiano inerentes ao tema a ser estudado, levando os alunos a associarem a conhecimentos prévios sobre o assunto do seu dia a dia. É nesse momento que o docente faz um diagnóstico sobre o entendimento dos estudantes acerca desse tema. O segundo momento refere-se à *Organização do Conhecimento*. Nesse momento, sob orientação do professor, são desenvolvidas atividades variadas a partir do diagnóstico da problematização inicial, no qual a identificação conceitual será fundamental para a compreensão científica do objeto abordado. Em outras palavras, o segundo momento serve para desconstruir os conceitos enraizados no senso comum em prol de um entendimento mais preciso. O terceiro momento pedagógico trata da *Aplicação do Conhecimento*, em que são aplicadas atividades diversificadas no intuito de evidenciar o conhecimento assimilado pelo discente. Esse momento serve para consolidar, com base científica, uma nova construção de conhecimento (DELIZOICOV, p. 155-157).

Na metodologia dos 3MPs, Delizoicov propõe que, sejam desenvolvidas atividades em cada etapa dos momentos pedagógicos, na qual ele apresenta exemplos em seu livro “Ensino de Ciências fundamentos e métodos” (2018, 5. ed.). Na sequência didática a ser apresentada nesse trabalho, foram desenvolvidas atividades em cada momento pedagógico. No primeiro momento, são propostos questionamentos sobre o entendimento da *Energia*, levando a uma discussão sobre o que a turma compreende por *Energia*, em seguida, o professor propõe a divisão da turma em pequenos grupos, em que continuarão a discutir sobre o assunto e a desenvolver um mapa mental, que na continuação da atividade cada grupo irá explanar seu mapa a turma. Em seguida, como atividade para casa eles tiveram que responder um breve questionário sobre o assunto abordado em sala, ele foi enviado em formulário eletrônico. No segundo momento, o professor tendo um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos que foram discutidas no primeiro momento, foi apresentado de forma introdutória ao assunto experimentos expositivos, em que foram demonstrados na prática algumas formas de transformações de energia. Na sequência, foram explanados os conceitos de cada tipo de energia nas experiências apresentadas a turma. Nessa continuidade, foram discutidos a evolução histórico-conceitual da energia chegando até ao que se compreende hoje por energia cinética, energia potencial (gravitacional e elástica) e a conservação da energia mecânica.

No terceiro momento pedagógico, foram desenvolvidas atividades com o intuito avaliativo, ou seja, a aplicação do conhecimento estruturando assim, o conceito de energia. Em que foi proposto um novo mapa conceitual no uso dos conhecimentos estudados na etapa anterior, na qual cada grupo após a elaboração realizaram uma breve apresentação dos mapas desenvolvidos.

Na sequência, como outro processo avaliativo do terceiro momento, foi aplicado um jogo de tabuleiro com base nos conceitos da energia, em que foi criado pelo autor com artifícios físicos e digitais, na qual fez-se necessário os usos de um dispositivo móvel com leitor de *QRCode* e uma calculadora. Silva e Moura (2013) descrevem que:

[...] o jogo educativo, enquanto um recurso pedagógico, propicia o equilíbrio entre os conceitos novos e os já existentes, ao permitir ao aluno o agir com o mundo e retirar desta relação novas informações, as quais possibilitam a interpretação deste, gerando novas experiências. (SILVA e MOURA, 2013, p. 8)

O jogo foi elaborado a partir dos conceitos de energia e sua conservação nos processos de transformação ou transferência. O jogo teve sua construção com base em um manual prático e específico voltado à criação de jogos educativos de tabuleiro. La Carretta (2018) descreve que “...A estrutura que norteia a criação de jogos normalmente é feita com base em contar uma história, mas deve ser amparada na ideia que você não apenas vai assistir uma história, mas também vivenciá-la, criando um maior sentido na experiência” (LA CARRETTA, 2018, p. 15).

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito da criação de uma sequência didática pertinente à prática docente objetivando o desenvolvimento de um produto educacional voltado ao estudo do conceito de energia e a conservação de energia. Sendo possível ser aplicável e adaptado a qualquer área do conhecimento e/ou temas disciplinares, basta mudar o tema do jogo para outro tema e disciplina. A atividade avaliativa deste trabalho está na aplicação de um jogo educativo de tabuleiro voltado à construção do conhecimento científico do conceito de energia. Com isso se busca fomentar o pensamento crítico do aluno frente a conceitos pouco aprofundados no ensino médio e, assim desenvolver conexões dos assuntos estudados em sala de aula com o cotidiano dele criando mudanças significativas aos conhecimentos prévios dos conceitos abordados. Na sequência, segue uma breve descrição dos conteúdos dos próximos capítulos.

O capítulo 2 refere-se à fundamentação teórica do ensino-aprendizagem alinhado à metodologia dos três momentos pedagógicos (3MPs) de Demétrio Delizoicov e José Angotti, numa abordagem do estudo do conceito de energia. Na sequência do capítulo o estudo será estruturado na criação de jogo educativo de tabuleiro baseado no conceito de energia.

O Capítulo 3 trata dos marcos histórico-conceitual da energia e conservação da energia. Realizou-se uma pesquisa sobre a evolução do conceito de energia a partir do século XVII, quando foi levantada uma questão pela Academia Real de Ciências Britânica quanto às colisões ocorridas por bolas de marfim no jogo que estava em expansão por toda a Europa naquela época, que era o bilhar.

O Capítulo 4 trata da aplicação produto educacional sobre o assunto de energia. Como também, a construção do jogo de tabuleiro com o tema de “*Rally Energy*”, sendo de criação do autor desse trabalho, em que trata de uma narrativa de carros elétricos que percorrem um caminho, sendo que os jogadores terão que

administrar sua viagem a cada jogada, pois observarão as transformações, transferências e terão que calcular a energia transformada num jogo de progressão.

O Capítulo 5 envolve as considerações finais sobre a aplicação do produto didático proposto a partir dos três momentos pedagógicos.

2 INTRODUÇÃO TEÓRICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

2.1 METODOLOGIA: OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Ensinar dentro de um ambiente de educação formal inevitavelmente requer que o professor tome decisões sobre vários assuntos. A escolha de uma metodologia de ensino é uma decisão crucial para quem deseja [o professor] o engajamento do aluno. Essa definição essencialmente traça o perfil do indivíduo, pois determina as técnicas de aprendizagem que serão aplicadas para atingir seus objetivos (Altrão e Nez, 2016, p. 85).

Com vista em um processo dinâmico que busque o engajamento do aluno numa aprendizagem significativa, decidiu-se pela metodologia dos três momentos pedagógicos (3MPs) que traz uma efetiva prática pedagógica relacionada às etapas de observação, associação e expressão, como descrito por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

O aluno é convidado, no primeiro momento, a observar o mundo ao redor, para descobrir seus focos de interesse. Em seguida, é incentivado a associar as observações e os focos de interesse ao que já sabe e ao que existe nos livros e em outros recursos do conhecimento sistematizado. No momento de síntese, mediante a livre expressão, desenho, escrita ou outra linguagem de domínio do aluno, ele registra o conhecimento adquirido. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018, p. 126)

A metodologia proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), conferem três momentos para a construção do conhecimento, sendo o primeiro momento o da *Problematização Inicial*, no qual os alunos interagem com os temas por meio de suas observações e experiências. É nesse momento que os conhecimentos prévios dos estudantes serão mapeados a fim de nortear os próximos passos do professor no que se refere ao planejamento e aplicação de atividades que vão integrar os segundo e terceiro momentos. Além disso, o primeiro momento fomenta o estudante a analisar os seus conceitos e buscar um entendimento mais abrangente e

preciso (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018, p. 155). Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018):

[...] A meta é problematizar o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral, com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, questões inicialmente discutidas num *pequeno grupo*, para, em seguida, serem exploradas as posições dos vários grupos com toda a classe, no *grande grupo*. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 155-156)

O segundo momento pedagógico refere-se à *Organização do Conhecimento*. Nesse momento o docente aplica processos e atividades desenvolvidas com base nos conhecimentos prévios dos estudantes. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018):

“As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 156).

O terceiro momento pedagógico é a *Aplicação do Conhecimento*. Essa etapa trata do processo avaliativo, ou seja, o momento em que o professor irá avaliar a desenvoltura e a sistematização do conhecimento que o aluno adquiriu nos passos anteriores, seja na ruptura ou desconstrução da ideia inicial ou mesmo na estruturação científica do conhecimento inicial. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157)

Com base nessa estrutura metodológica foi desenvolvido todo o percurso formativo do produto educacional, partindo das atividades diagnósticas, das atividades de construção ou reconstrução dos conhecimentos prévios, voltados para o conhecimento científico e por fim as atividades estruturantes que consolidam os conceitos científicos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157).

3 INTRODUÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA

O desenvolvimento histórico-conceitual de energia, partindo do século XVII em diante está atrelado a personagens, em que uns são protagonistas das teorias desenvolvidas enquanto outros são coadjuvantes, porém não menos importantes historicamente na disseminação do conceito teórico-matemático de energia. Primeiro cabe entender “o que é energia?”.

3.1 QUAL É O CONCEITO DE ENERGIA?

A palavra energia é um exemplo típico de um grupo de palavras, em que um expressivo número de pessoas faz uso, contudo na grande maioria não sabem a origem ou não faz a mínima ideia do seu real significado. A etimologia da energia muitas vezes é mal compreendida, por se tratar de um conceito abstrato, contudo a energia está muito bem estruturada na Física como um dos conceitos fundamentais da natureza. Cabe o estudo da origem histórica do verdadeiro significado e da evolução do conceito da energia e sua conservação ao longo dos anos.

O significado ou o conceito do termo *Energia* é tão simples assim? A resposta é não! Segundo Halliday (2012) em termos simples “...energia é uma grandeza escalar associada ao estado de um ou mais objetos; entretanto, esta definição é vaga demais para ser útil a quem está começando[...] Energia é um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos” (HALLIDAY, 2012, p. 160). Já Young e Freedman (2008) afirmam que “...a energia é uma grandeza que pode ser convertida de uma forma para outra, mas que não pode ser criada nem destruída” (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p. 199). Richard Feynman (2008) retrata o termo energia como algo que obedece a um princípio conhecido como princípio da conservação da energia: a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída (FEYNMAN, 2008, p. 43). Até os dias atuais, nenhum experimento resultou na violação desse princípio. Segundo Feynman (2008):

[...] ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo. (FEYNMAN, 2008, p. 43)

Apesar de se tratar de um conceito físico abstrato, Feynman faz a seguinte analogia com o uso de um personagem: “Dênis, o pimentinha” possui 28 cubos inquebráveis e, por mais que tente quebrá-los, não consegue. Se o garoto brincou com os cubos dentro de casa ou no quintal ou em qualquer outro lugar, ao final do dia, independente do lugar onde Dênis tenha deixado um ou mais cubos espalhados, sempre haverá o mesmo número de cubos, 28. Não importa o quão complexo sejam os cálculos, a energia total de um sistema fechado e isolado sempre será a mesma (FEYNMAN, 2008, 4-1 p. 43 - 44). Feynman (2008), explica que:

[...] quando calculamos a energia, às vezes parte dela sai do sistema e vai embora ou, outras vezes, parte entra no sistema. Para verificarmos a conservação de energia, devemos ter cuidado para não colocarmos ou retirarmos energia do sistema...a energia tem grande número de formas diferentes e existe uma fórmula para cada uma. Elas são: energia gravitacional, energia cinética, energia térmica, energia elástica, energia elétrica, energia química, energia de radiação, energia nuclear e energia de massa. Se totalizarmos as fórmulas para cada uma dessas contribuições, ela não mudará, exceto quanto à energia que entra ou sai. É importante perceber que, na física atual, não temos conhecimento do que é a energia. Não temos um quadro de que a energia vem em pequenas gotas de magnitude definida. Isto não é assim. Entretanto, existem fórmulas para calcular certas quantidades numéricas e ao somarmos tudo o resultado é ‘28’ – sempre o mesmo número. É algo abstrato no sentido de não informar o mecanismo ou a razão para várias fórmulas. (FEYNMAN, 2008, p. 44)

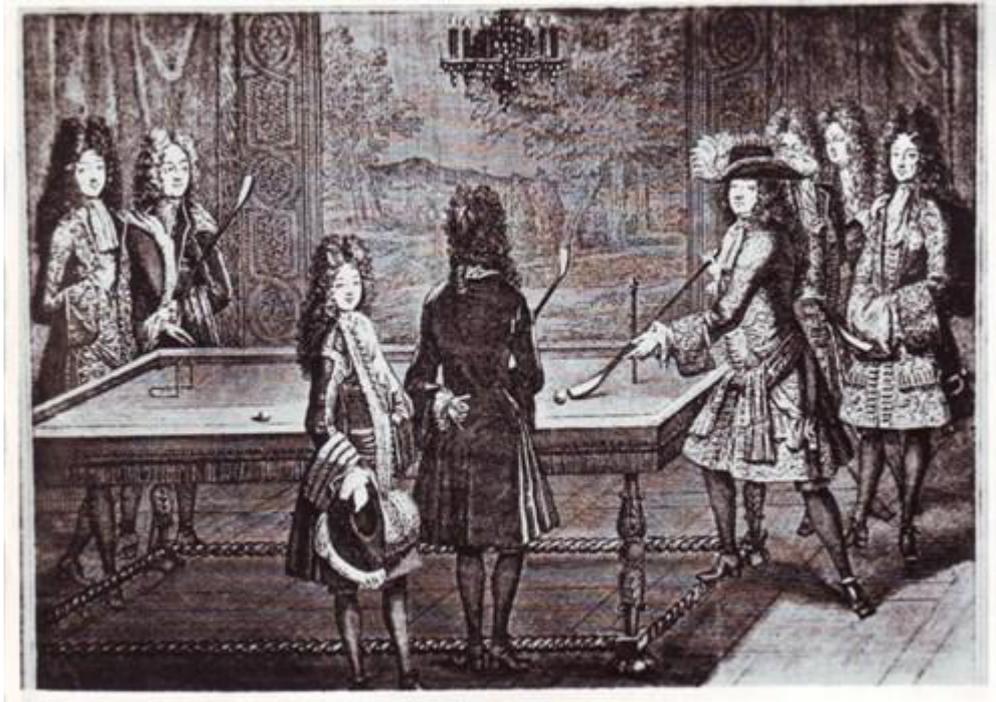
A compreensão do conceito da energia e da sua conservação é retratada como um ente escalar e físico que é fundamental da natureza. Então, cabe a busca pelo entendimento da sua origem e da fundamentação equacional dentro da Física. Partindo então da origem do conceito através dos marcos históricos da concepção da energia.

3.1.1 Marcos históricos da evolução do conceito de Energia

Em meados do século XVII o bilhar se popularizou na Inglaterra, jogo este que era constituído de bolas feitas de marfim e um taco de madeira, que era usado para empurrar as bolas. Na origem do bilhar as bolas eram empurradas umas contra as outras e não golpeadas. Mais tarde passaram a ser golpeadas com o taco. O bilhar era jogado sobre um tablado retangular com seis buracos feitos com aro de críquete e o intuito do jogo era fazer com que as bolas caíssem nos buracos a partir da colisão da bola empurrada com o taco, que colidia noutra bola, que se encontrava em repouso, transferindo o movimento para esta que seguia o movimento na direção de

um dos buracos da mesa (CLARE, 1982). Clare (1982) descreve a popularidade do jogo na Europa no século XVII, onde os nobres jogavam, inclusive o Rei Luís XIV é retratado jogando (Figura 1) (CLARE, 1982).

Figura 1 - Rei Luís XIV jogando bilhar com a corte



Fonte: Snooker Heritage Collection – Origins of Billiards

Com a popularidade do bilhar, em 1668 a Royal Society of London teve o interesse em estudar quais conceitos estavam envolvidos na transferência de movimento de uma bola para outra e solicitou artigos que descrevessem tais fenômenos físicos. Prontamente, vários cientistas começaram a estudar tal fenômeno e entre eles havia o físico, matemático e astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629 – 1695) analisou as colisões elásticas. Naquela época, o conceito de quantidade de movimento, ainda não se conhecia como *momentum* (mv) e sim como a quantidade da dinâmica. Huygens analisando as colisões elásticas trata a quantidade de movimento de forma contraintuitiva, em que o momento de duas bolas idênticas, em que uma move-se em direção à outra com grande velocidade podendo assim, ser zero. Tentando evitar a problemática direcionalidade do movimento, ele elevou ao quadrado da velocidade descobrindo assim, a quantidade correspondente ao produto da massa pelo quadrado da velocidade (mv^2), em que se conservava nas colisões elásticas (HECHT, 2019, pág. 495).

Pouco tempo depois, o alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716) cientista, filósofo e matemático, analisando o trabalho de Huygens sobre às colisões

de bolas de massas idênticas, cuja dedução tratava do produto da massa pelo quadrado da velocidade, deixou Leibniz maravilhado com aquela dedução, descreveu o fenômeno como algo vivo e o chamou do Latim “*Vis Viva*” ou “*Force Viva*”. Assim, inicia-se a ideia de que o movimento seja transferido para o outro corpo durante a colisão, mantendo o movimento. Durante muito tempo houve um embate entre os que defendiam o *momentum* newtoniano como sendo o conceito que melhor representava o movimento e os que defendiam a força viva leibniziano (HECHT, 2019, p. 495).

O estudo da colisões elásticas de corpos iguais é muito bem descrita tanto com a conservação do *momentum* quanto com a *vis viva*, sendo que a reflexão aqui é a descoberta quase que por acaso um ente físico que se encontra em toda a natureza, ou seja, nas partículas e subpartículas de um átomo até no universo observável e não observável. Esse estudo de Leibniz foi profundo, porém não mudou o mundo com suas ideias sobre a vis viva naquele momento. Isso só ocorreu mais de um século e meio depois, com a revolução industrial (BBC – FOUR, 2017). Na primeira metade do século XVIII o conceito da “*vis viva*” começa a ganhar reconhecimento até o momento em que esse conceito passa a se chamar *Energia*. Através de uma experiência em que esferas idênticas eram abandonadas de alturas diferentes e provocavam deformações num bloco de argila, em que o aumento da velocidade de cada esfera nas distintas alturas gerava uma deformação na argila proporcional ao quadrado da velocidade, foi possível afirmar que o filósofo alemão Gottfried W. Leibniz estava correto na sua dedução da “*vis viva*”. Na evolução histórica, tanto a energia quanto o *momentum* foram dois conceitos que por muito tempo eram considerados concorrentes e estudados separadamente. No início do século XX a Teoria da Relatividade de Albert Einstein uniu a energia e o *momentum*, em que tal teoria unificou as duas partes constituintes de um todo quadridimensional. Cabe salientar que os dois conceitos estão diretamente relacionados (HECHT, 2019, pág. 496).

Essa análise de evidenciar que o trabalho de Leibniz, em que expressava um conceito físico com maior clareza em relação ao *momentum*¹ newtoniano foi dissertada pela Marquesa Du Châtelet, uma mulher à frente de seu tempo. Inicialmente chamada de Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil (1706-1749) (Figura 2), conhecida como a Marquesa Du Châtelet, título e sobrenome que ganha quando

¹ O momentum newtoniano também conhecido como quantidade de movimento, não estava errado, ele descreve a conservação da transmissão do movimento entre corpo de mesma massa em colisões elásticas como no caso de bolas de bilhar. A questão está, na transferência de energia entre corpos de mesma massa nas colisões elásticas, porém nesse momento da história não havia um conhecimento mais apurado do conceito da Vis Viva, ou seja, que mais tarde se torna a energia.

se casa com oficial do exército francês e Marquês Florent Claude Du Chastellet (1695-1765), porém preferia ser chamada apenas de Émilie. Ela era filha de Louis Nicolas Le Tonnelier, oficial introdutor dos embaixadores do Rei Luís XIV, hoje seria como um ministro de relações exteriores. Por ser de uma família de nobres, seus irmãos tiveram grandes tutores na educação, com isso, ela também acabava acompanhando os estudos. Émilie aos treze anos já sabia falar seis línguas, alemão, latim, grego, italiano, inglês e flamengo (dialeto falado em algumas regiões da Bélgica). Ela teve muito interesse no estudo de ciências e matemática vindo a se tornar mais tarde uma exímia matemática com a contribuição de grandes tutores matemáticos. Sua vida era normal para uma mulher da época dedicada à família até 1728, quando ela retoma os estudos com o tutor matemático Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), com quem aprende geometria e cálculo avançado. A partir desse momento, ela começa a ter uma influência na matemática do estudo do cálculo newtoniano e pouco tempo depois o cálculo leibniziano (MARTINS, 2022, p. 7-24).

Figura 2 - Marquesa Émilie Du Châtelet



Fonte: Estado da Arte, Revista Estadão. (Pintura de Maurice Quentin de La Tour, séc. XVIII)

Em 1733, a Marquesa conhece François Maria Arouet (1694-1778) o conhecido filósofo iluminista francês Voltaire². Ele apresenta à Marquesa os trabalhos

² Voltaire era um filósofo que provocou muito a monarquia e a nobreza da época, sendo que num momento da sua vida ele é obrigado a se exilar na Inglaterra. Lá ele conhece os trabalhos de Isaac Newton pouco tempo depois de sua morte. Voltaire faz uma busca de todos os estudos de Newton com os curadores Catherine Conduitt e Samuel Clarke. Ele volta para França e acaba se aproximando de

de Newton e ela fica deslumbrada com os estudos da mecânica e principalmente da óptica newtoniana. Esse apreço por Newton foi tanto que ela traduziu toda a coleção do *Principia* para o francês, acrescentando mais de 180 páginas de comentários, e demonstrou o cálculo diferencial de Newton no uso do cálculo diferencial desenvolvido por Leibniz, tornando-a mais compreensível. Esse trabalho foi o último que ela realizou e conseguiu traduzir dias antes de sua morte, e até hoje o *Principia* na língua francesa é a tradução original da Marquesa de quase 280 anos atrás (MARTINS, 2022).

A Marquesa e Voltaire dão início aos estudos filosóficos, matemáticos e físicos com a criação de um equipado laboratório e uma biblioteca com mais de vinte mil exemplares no château de Cirey da família Du Châtelet. Ela começa a estudar a fundo os trabalhos de Newton e a reproduzir experimentos para as conformidades das teorias newtonianas. O château passa a ser ponto de encontro de vários filósofos, cientistas, matemáticos e pensadores devido a busca por mais conhecimento por parte da Marquesa.

Pouco tempo depois, ela escreve seu livro intitulado “*Institutions de Physique*”, sendo esse o primeiro livro científico escrito por uma mulher e reconhecido pela Academia Real de Ciências da França. A Marquesa já havia produzidos outros trabalhos anteriormente como autora ou coautora, contudo ela assinava seus trabalhos com pseudônimos ou como Voltaire. Depois do reconhecimento que teve da Academia, ela acabou publicando outros livros durante sua vida.

Em 1739, a Marquesa começa a estudar matemática avançada com Johann Samuel König (1712-1757) um entusiasta do estudos de Leibniz, sendo ele o responsável por apresentar os estudos leibniziano de diferencial e integral como também da Física do movimento. O interesse dela pelos trabalhos de Leibniz à torna fascinada conforme avança nos estudos (MARTINS, 2022, p. 16-17). A Marquesa, se depara então com os estudos da “*Vis Viva*” e percebe a colisões elásticas de corpos idênticos podem ser descritos também pela *Vis Vivía*, na qual confirma pode ser confirmada através de um experimento realizado por Willem Jacob’sGravesande (1688-1742), o mesmo que criou o experimento que depois levou seu nome “*Anel de Gravesande*” para demonstrar a dilatação de corpos. O experimento em questão tratava da queda de corpos idênticos de diferentes alturas constatando sempre o

Émilie, quando começam a estudar e desenvolver trabalhos difundindo assim pela França e Europa os trabalhos de Newton. (GOMES, 2015); (MARTINS, 2022)

mesmo resultado com a deformação da argila por essas esferas, como já relatado anteriormente nesse trabalho (Du Châtelet, 1740, p. 412 – 450).

Em 1742, a Marquesa Du Châtelet é acusada de estar errada na argumentação em seu livro de que a colisões de corpos poderia ser descrito como o produto da massa pelo quadrado da sua velocidade. O acusador se tratava do secretário da Academia Real de Ciências da França o senhor Jean-Jacques d'Ortous de Mairan (1678-1771). Tal embate perdurou por um bom tempo, em que cada um apresentou sua posição quanto ao assunto, pois Mairan era um defensor dos trabalhos newtonianos, enquanto a Marquesa defendia a *Vis Viva* de Leibniz. Quando ela apresentou o experimento de Gravesande o senhor Mairan deu-se por vencido e encerrando suas argumentações (HERMAN, 1728, p. 14). Em suas palavras descritas no seu livro como resposta a Mairan, ela conclui:

[...]Todos os experimentos desde então confirmaram esta descoberta, da qual temos a obrigação ao senhor Leibniz, e mostraram que em um movimento atual e finito, é proporcional ao quadrado de sua velocidade multiplicado por sua massa, e esta estimativa das forças tornou-se um dos principais princípios da mecânica. Os filósofos concordam com os experimentos que provam essa estimativa das forças vivas, e todos concordam que os materiais se movem, as molas esticam, as fibras achatam-se, as forças são comunicadas, que todos os efeitos dos corpos em movimento, finalmente, seguem sempre o mesmo princípio o do quadrado de sua velocidade multiplicado por sua massa[...]. (Du Châtelet, 1740, p. 446 e 447) (tradução minha)

Assim, a teoria da *Vis Viva* começa a ser mais conhecida por influência dos trabalhos da Marquesa Du Châtelet. Seus trabalhos foram reconhecidos e estudados por muitos, pois a tradução para o italiano e o alemão influenciou o primeiro trabalho do filósofo liberal prussiano Immanuel Kant (1724-1804) intitulado “*Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*” (Reflexões sobre a Verdadeira Estimativa das Forças Vivas) de 1746. Ele discorre em todo seu trabalho de forma detalhada o embate entre a Marquesa e Mairan (MARTINS, 2022, p. 19).

Acelerando um pouco a história, mais precisamente em 1807, momento esse em que o médico e físico inglês Thomas Young (1773-1829) em uma de suas palestras que depois acabaram se tornando um livro publicado em dois volumes intitulado “*A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts – Vol. I and II*”, em que ele relata o conceito da colisões entre corpos de forma perfeitamente elástica, parcialmente elástica e inelástica. Ele descreve a necessidade da utilização

da expressão “*Energia*” como sendo proporcional ao produto da massa do corpo com o quadrado da sua velocidade. Mediante a essa afirmativa, Thomas Young retrata:

[...] se um peso de uma onça se move com a velocidade de um pé em um segundo, podemos chamar sua energia de 1; se um segundo corpo de duas onças tiver uma velocidade de três pés em um segundo, sua energia será o dobro do quadrado de três, ou seja, 18. Este produto foi denominado força viva ou ascendente (*Vis Viva*), pois é proporcional à altura vertical ascendente; alguns consideraram verdadeira a medida da quantidade de movimento; mas, embora essa opinião tenha sido universalmente rejeitada, a força assim estimada merece uma denominação distinta. [...] (YOUNG, 1845, p. 59-60) (Tradução minha)

Apesar do maior foco dos estudos Thomas Young foi a questão da óptica, do comportamento da luz, em que ele cria o experimento da dupla fenda deduzindo que a luz tem o comportamento ondulatório e no qual ele também descreve a óptica fisiológica do olho humano. Thomas Young (1845) também dedicou-se em trabalhos, no qual demonstrou situações, quanto a colisões e transmissões de movimento entre corpos, em que certos experimentos era favorável o *momentum*, ou seja, a quantidade de movimento descrita por Descartes e Newton, porém ele apresentou argumentos contundentes e mesmo que grandes filósofos naturais não concordassem com o contexto da *Vis Viva* leibniziana, definida agora por ele como “*Energia*” dando assim um destaque a essa nova teoria desenvolvida por Leibniz, Huygens, Marquesa Du Châtelet entre outros no final do século XVII (YOUNG, 1845. p. 60).

O estudo do conceito de *Energia* cada vez mais se tornava crucial, principalmente com a culminância da Termodinâmica. Com a primeira revolução industrial no século XVIII no desenvolvimento das máquinas térmicas e a busca pela eficiência máxima com os estudos do *moto-perpétuo*, foi através do conceito de Energia e o princípio da conservação que se demonstrou ser impossível o movimento perpétuo (GOMES, 2015).

Em 1829, o matemático, engenheiro civil e mecânico francês Gaspard-Gustave Coriolis (1792-1843) descreve em seus artigos sobre os cálculos da eficiência das máquinas que tem por título “*Du Calcul de L’effet des Machines*”, em que ele traz todo o desenvolvimento do conceito de trabalho para definir todo o desempenho das máquinas térmicas no uso do trabalho resistente, trabalho útil e trabalho desperdiçado retratando a força aplicada pelo deslocamento de um corpo, ele chega a se referir ao trabalho como o desempenho de um cavalo, na qual Coriolis descreve da seguinte maneira que “...é o esforço com que ele pode puxar na direção

do caminho multiplicado por esse caminho, ou mais geralmente, que é a integral do produto desse esforço multiplicado pelo elemento do caminho...” (CORIOLIS, 1829, p. 32-33).

Coriolis discute sobre a questão de consolidar o termo “*Travail*” do francês que significa “*trabalho*” na língua portuguesa para designar o movimento efetivo das máquinas, em que busca definir tal termo a fim de não haver confusão com outros termos na mecânica como o caso da ação oriunda da ação e reação no aspecto da força ou ainda com relação a potência dinâmica, entre outros. Na nova denominação do trabalho, Coriolis propõe um nome a unidade de trabalho como sendo “*dynamode*”, ou seja, dínamo. No desenvolvimento matemático do trabalho, ele propõe uma correção na equação da *Vis Viva* de Leibniz, pois tal equação descreve muito bem o trabalho das máquinas, mesmo que ainda estudiosos da época discordassem, Coriolis relata:

” ...Permita-me mais uma inovação ao chamar de vis viva o produto do peso pela altura devido à velocidade. Essa vis viva é apenas metade do produto do que até agora se chamou com esse nome, ou seja, a massa vezes o quadrado da velocidade. Se alguém sentisse como eu, como os alunos ficam constrangidos com denominações mal escolhidas, acredito que não culparia essa pequena mudança. É muito embaraçoso ter um nome para o dobro da quantidade que se encontra a cada momento. Se antigamente demos o nome de vis viva ao produto da massa pelo quadrado da velocidade, é porque não estávamos atentos ao trabalho, e não era o produto do peso pela altura devido à velocidade que tivemos que designar com mais frequência. Todos os praticantes hoje entendem por vis viva o trabalho que a velocidade adquirida por um corpo pode produzir; e certamente, faça o que fizer, sempre haverá dois significados em uso, um dos quais se aplicaria a uma quantidade o dobro do outro, se os geômetras não adotassem o último, que é realmente o mais conveniente para o estudo do movimento da máquina. Além disso, mesmo que não se queira introduzir esta nova denominação na mecânica racional, não se poderia ainda permitir-se fazê-lo nos trabalhos com máquinas? Se os leitores são versados em mecânica racional, essa mudança não os incomodará: por outro lado, certamente será uma vantagem para muito mais pessoas que estudam máquinas sem levar adiante o estudo da mecânica... (CORIOLIS, 1829, p. III) (Tradução minha)

Cabe salientar que Coriolis buscava justificar a correção feita à equação leibniziana da *Vis Viva* que é retratada com sendo o produto da massa pelo quadrado da sua velocidade, ou seja, em notação:

$$Vis Viva = mv^2 \quad (3.1-1)$$

Tanto, ele justificou que se for levado em conta o conceito de trabalho, então, a *Vis Viva* será a metade da massa pelo quadrado da velocidade, nessa condição

será retratado muito bem o trabalho das máquinas (CORIOLIS, 1829, p. III), com isso Coriolis usa a letra T para representar o trabalho realizado pelas máquinas. Com essa nova dedução de Coriolis da *Vis Viva*, tem-se então a equação que se conhece hoje como “*Energia Cinética*”. Em notação matemática, tem-se que:

$$T = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.1-2)$$

Durante o decorrer do século XIX outros matemáticos e físicos chegaram a mesma dedução, confirmando o estudo de Coriolis como Lagrange, Willian Thomson, James Joule, Carnot, Helmholtz entre outros vinculando o estudo de energia como sendo fundamental na fundamentação da “*Termodinâmica*”.

Ornellas (2006) relata em seu artigo, o estudo do calor relacionado ao trabalho, e cita que em 1842 o físico e médico alemão Julius Robert von Mayer (1814-1878) conceitua tal relação como variação da energia potencial. Na convenção da Associação Britânica para o Progresso da Ciência em 1843, o físico inglês James Prescott Joule (1818-1889) apresentou em sua palestra estudos que relacionavam calor gerado com uma corrente elétrica. Joule determina a primeira medida do valor do Joule (J), na qual ficou comprovado o equivalente mecânico e elétrico do calor. Ornellas (2006) afirma que, em 1879, com os aperfeiçoamentos de equipamentos experimentais, foi possível ter uma grande precisão nos resultados do equivalente mecânico realizados pelo físico estadunidense Henry Augustus Rowland (1848-1901), o qual chegou no resultado de 4,188 J/Cal (ORNELLAS, 2006, p. 21).

O desenvolvimento do conceito da conservação de energia se tornando depois a base da primeira lei da Termodinâmica foi retratado pelo físico e fisiologista alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) numa palestra introdutória a um ciclo de conferências em Karlsruhe entre 1862 e 1863. Ele apresenta em sua palestra, descrevendo que a lei geral de todos os fenômenos naturais é definida como “*Lei da Conservação da Força*”. Helmholtz (1862) discorre mostrando a necessidade que o homem tem na busca de unificar as teorias e leis descritas até então, citando exemplo a lei da gravitação universal de Newton, na qual força gravitacional que mantém os planetas em órbita no sistema solar é a mesma força que age sobre os corpos em queda na Terra. Sendo assim, ele demonstra, através de vários experimentos e engenhocas a conservação da força ou podendo ser descrita como energia, em que uma roda d’água gira a partir da força das águas do rio que a

impulsiona, porém a quantidade de água que enche a caixa da roda por gravidade faz com que ela gire e essa mesma água é liberada abaixo da roda e segue seu fluxo, contudo Helmholtz (1862) mostra que essa quantidade de água realizou seu trabalho e seguiu seu rumo não mais podendo gerar o trabalho novamente na mesma roda d'água. Entretanto, o calor irradiado pelo sol faz com que essa água evapore e depois passa a condensar nas montanhas fazendo com que essa água volte ao curso dos rios podendo assim gerar trabalho novamente.

Ele menciona outros exemplos, assim ele comprova a conservação do trabalho. Helmholtz relata em tradução as suas palavras que “...*A lei em questão afirma que a quantidade da força efetiva existente em toda a natureza é imutável, não podendo ser aumentada nem diminuída...*”. (HELMHOLTZ, 1862) (Grifo meu e tradução minha)

No decorrer de sua palestra, ele apresenta fatos contundentes que se um dado trabalho fora realizado a partir do vapor para mover um pistão, por exemplo, após o pistão chegar ao final de seu curso esse vapor já serviu ao seu propósito e não mais irá gerar trabalho. Então faz-se necessário o trabalho do oxigênio na combustão da madeira ou do carvão transformando em calor que irá ser irradiado e conduzido à água na caldeira elevando assim a temperatura e fazendo com que a mesma entre em ebulição, gerando mais vapor e por sua vez gerando trabalho útil e novamente movimentando o pistão da máquina térmica, ou seja, gerando a mesma quantidade de trabalho gasta anteriormente. Ele afirma que, calculando o trabalho gasto na combustão, convertido em calor e conduzido à caldeira para gerar vapor e ser gasto movendo o pistão, o valor inicial e final desta grandeza (trabalho), ao longo de todo o processo será o mesmo, como ele afirma:

”...que a soma das quantidades efetivas de forças na natureza como um todo permanece a mesma para sempre e inalterada com todas as mudanças na natureza. Toda mudança na natureza consiste na força de trabalho mudando sua forma e lugar sem mudar sua quantidade. O universo possui, de uma vez por todas, um tesouro de força de trabalho que não pode ser alterado, aumentado ou diminuído por nenhuma mudança de aparência e que sustenta toda mudança que ocorre nele.

Vendo que partindo de considerações que só tinham a ver com os interesses práticos imediatos do trabalho técnico, fomos conduzidos a uma lei geral da natureza que, até onde alcança nossa experiência anterior, rege e abrange todos os processos naturais em geral, que inclusive as inclui, não mais se limitando aos fins práticos do uso humano, mas expressa uma propriedade muito geral e particularmente característica de todas as forças naturais e que, segundo sua generalidade, só pode ser colocada ao lado das leis de imutabilidade de massa e a imutabilidade dos elementos químicos...” (HELMHOLTZ, 1862) (Tradução minha).

Ele fundamenta, assim, a lei da conservação de energia, dizendo que suas transformações não alteram o montante total desta grandeza contida na natureza. Nas considerações de seu discurso, Helmholtz destaca que as leis regidas pela natureza não podem ser quebradas, por exemplo, na busca incessante de pessoas que tem o interesse de somente ganharem dinheiro com a criação de uma máquina de movimento perpétuo. Seria muito bom, diz ele, ter uma máquina a vapor que não precisasse de ter custos com combustível ou uma máquina capaz de gerar trabalho do nada. Não há nenhuma possibilidade de um moto-perpétuo já demonstrado nos exemplos citados e como no século anterior afirmado mecânica e matematicamente já foi comprovado. Helmholtz relata que se vier a existir máquinas assim então será necessário rever as leis enunciadas até o momento (HELMHOLTZ, 1862).

Na segunda metade do século XIX tem-se a estruturação do conceito de energia e principalmente da sua conservação. Willian Thomson (1824-1907) também conhecido como Lorde Kelvin, título de cavaleiro real pelos seus serviços prestados à coroa na área da ciência, foi engenheiro, físico e matemático britânico. Kelvin sugere o conceito de energia do movimento como energia cinética K , símbolo definido por ele e usado até os dias atuais, Kelvin argumenta para distinguir do conceito da força, pois o termo *Vis Viva* ou *Força Viva* trazia o entendimento de que se tratava da mesma coisa. Com isso, aos poucos, foi desaparecendo a *Vis Viva* do vocabulário da Física, como afirma HECHT (2019). Lorde Kelvin define a equação para energia cinética como a conhecemos hoje (HECHT, 2019):

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \quad (3.1-3)$$

A energia mecânica é retratada por Lorde Kelvin de forma dinâmica (cinética) ou estática (potencial), que em alguns casos parte dessa energia é degradada, ou seja, se converte em outro tipo de energia que se dissipa num sistema aberto. Como cita Gomes (2015) em seu artigo da dedução de Lorde Kelvin, [...]” O encadeamento dessas reflexões entre a comunidade científica formará a base em que se apoiarão outros pensadores responsáveis pela elaboração do conceito de ‘entropia’ e da ‘física estatística’...” (GOMES, 2015).

Na construção da linha histórico-temporal do conceito de energia e sua conservação, seguiu-se da proposta da Academia Real Britânica quanto a

transmissão de movimento estudada por Huygens, Leibniz e mais tarde pela Marquesa Du Châtelet, Gravesande, Thomas Young, chegando até a fundamentação da lei da conservação de energia por Kelvin, entre outros físicos do final do século XIX a início do século XX. O intuito desse percurso histórico foi trazer a evolução do conceito que se conhece hoje. Ornellas (2006) corrobora apresentando o desenvolvimento do conceito de energia dos tempos antigos até os dias atuais salientando que os aspectos modernos no estudo da energia foram e ainda são de grande importância para a ciência, pois com a definição da energia, do calor e da entropia foi possível consolidar as leis da termodinâmica, como também a quantização da energia no estudo de Planck e de Bohr nos níveis de energia atômicas. É um conceito importante também o caso da massa-energia do trabalho de Einstein. Hoje em dia, fala-se de diversos tipos de energia como a química, mecânica, térmica, elétrica, cinética, potencial elástica, potencial gravitacional, entre outras. Mais um ponto interessante no texto de Ornellas (2006) é que ele discute sobre as fontes energéticas no planeta e o consumo dessas fontes em renováveis e não renováveis. (ORNELLAS, 2006, p. 42 a 64)

3.2 ESTUDO FÍSICO-MATEMÁTICO DO CONCEITO DA ENERGIA E SUA CONSERVAÇÃO

3.2.1 Energia Cinética e o Trabalho Realizado

No contexto histórico foi visto a evolução do conceito de energia e de sua conservação e como isso culminou no desenvolvimento de novas teorias modernas e contemporâneas resultando no avanço tecnológico nos séculos XX e XXI. Como descreve HALLIDAY:

”...nossa civilização depende da obtenção e uso eficiente da energia. Como todos sabem, nenhum movimento pode ser iniciado sem algum tipo de energia. Para atravessar o oceano Pacífico a bordo de um avião, precisamos de energia. Para transportar um computador para o último andar de um edifício ou para uma estação espacial em órbita, precisamos de energia. Para chutar uma bola, precisamos de energia. Gastamos verdadeiras fortunas para obter e utilizar energia. Guerras foram iniciadas pela disputa de fontes de energia. Guerras foram decididas pelo uso de armas que liberam grandes quantidades de energia...Energia é um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos. ...a energia pode mudar de forma e ser transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total de energia permanece constante (a energia é conservada). Até hoje, nunca foi encontrada uma exceção desta lei de conservação da energia.” (HALLIDAY, 2012, p.145)

Com a definição da energia cinética tem-se que ela está associada ao estado de movimento de um corpo. Halliday (2012) escreve que “...*Quanto mais depressa o objeto se move, maior será a energia cinética. Quando um objeto está em repouso, a energia cinética é nula*” (HALLIDAY, 2012, p.146). A definição equacional é que a energia cinética é diretamente proporcional ao produto de um meio da massa pelo quadrado da sua velocidade, expressa na equação 3.1-3.

A unidade da medida de energia pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), para qualquer tipo de energia, é o *Joule* (J) em homenagem a James Prescott Joule. Halliday (2012) mostra que ela é definida em termos das unidades de massa e velocidade (HALLIDAY, 2012, p.146):

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ J} = \text{N m} = 1 \text{ kg m}^2\text{s}^{-2} \quad (3.2-1)$$

A variação da velocidade de um corpo seja no seu aumento ou diminuição decorre da aplicação de uma força, ou seja, da mesma forma a energia cinética do corpo aumenta ou diminui conforme a força aplicada. Tal variação só ocorre com a aplicação de uma força sobre o corpo e como escreve Halliday (2012) que:

“[...] essas variações da energia cinética dizendo que a força aplicada transferiu energia para o objeto ou do objeto... Trabalho (W) é a energia transferida para o objeto ou de um objeto através de uma força que age sobre o objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo.” (HALLIDAY, 2012, p.147)

Na dedução da expressão do trabalho realizado, pode-se exemplificar com um corpo deslocando-se retilineamente sobre um dado eixo x horizontal e sem atrito. Uma força F_x constante é aplicada sobre um corpo, acelerando-o, com isso tem-se a seguinte equação enunciada a partir da segunda lei do movimento:

$$F_x = ma_x \quad (3.2-2)$$

A força aplicada ao corpo de massa m fará com que se desloque uma certa distância d , na qual a velocidade irá variar de v_0 para v . Contudo, sendo a força aplicada constante, a aceleração constante também. Como não tem o tempo do deslocamento, será deduzido a equação de Torricelli para o movimento retilíneo uniformemente variado (M.R.U.V.):

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad (3.2-3)$$

Isolando a_x da eq. 3.2-2 tem-se:

$$a_x = \frac{F_x}{m} \quad (3.2-2.1)$$

Substituindo na eq. 3.2-3 a aceleração pela igualdade da eq. 3.2-2.1 tem-se então:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \frac{F_x}{m} d \quad (3.2-4)$$

Realizando as devidas distribuições, tem-se a seguinte equação:

$$\frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = F_x d \quad (3.2-5)$$

Então,

$$K - K_0 = F_x d \quad (3.2-6)$$

A variação de energia cinética é igual ao trabalho realizado, então tem-se a equação do trabalho realizado ao longo de um deslocamento no plano horizontal (x) sobre o dado corpo:

$$W = F_x d \quad (3.2-7)$$

Caso o trabalho seja executado por uma força constante e faça certo ângulo θ com a horizontal (x) do deslocamento do corpo, $F_x = F \cos\theta$ e tem-se:

$$W = F d \cos\theta \quad (3.2-8)$$

Na equação 3.2-8 Halliday (2012) define da seguinte maneira “*Para calcular o trabalho que uma força realiza sobre um objeto quando este sofre um deslocamento, usamos apenas a componente da força paralela ao deslocamento do objeto. A componente da força perpendicular ao deslocamento não realiza trabalho*” (HALLIDAY, 2012, p.148), ou seja, qualquer ângulo θ entre 0° e 90° que não inclua 90° com o deslocamento tem-se trabalho realizado.

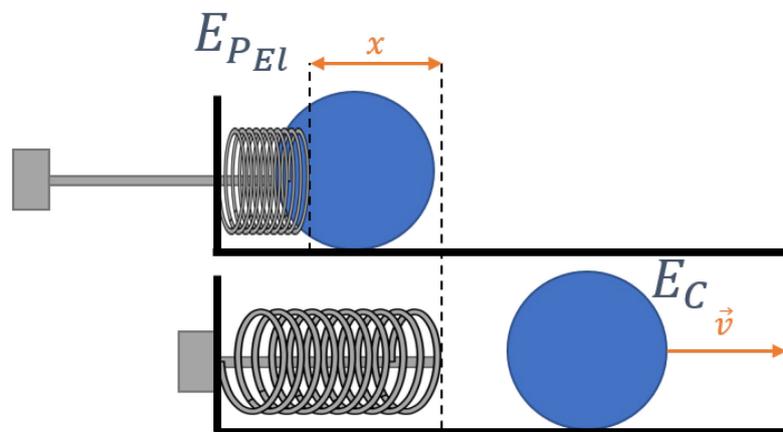
A variação da energia cinética de um objeto resulta no trabalho realizado sobre ele, ou seja, a combinação das equações 3.2-6 com a 3.2-7 resulta no teorema do trabalho-energia cinética (HALLIDAY, 2012).

3.2.2 Energia Potencial Gravitacional e Elástica

O trabalho realizado está diretamente relacionado à energia de movimento, ou seja, com a variação da energia cinética, devido a grandeza relacionada com a velocidade do corpo. Contudo existe a energia que pode estar armazenada num sistema para que possa em um dado momento ser transformada em energia cinética. A esse tipo de energia denomina-se *energia potencial*. Tal energia está associada à posição dos corpos num dado sistema (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p.182).

Tomando um corpo que é lançado por uma força de uma mola, sobre um dado referencial plano e horizontal (x), como mostra a Figura 3:

Figura 3 - Exemplo de Energia Potencial Elástica



Fonte: Site do Descomplica (<https://descomplica.com.br/blog/energia-cinetica-e-potencial-formulas-e-resumo/>)

A força elástica da mola satisfaz a seguinte função:

$$F = \frac{-dU}{dx} \quad (3.2-10)$$

Considerando que a função $U(x)$ uma força conservativa, ou seja, trata-se da energia potencial. Se a força \vec{F} uma força elástica que satisfaça a lei de Hooke, tem-se então:

$$-kx = \frac{-dU}{dx} \quad (3.2-11)$$

Invertendo ambos os lados tem-se:

$$dU = kx \, dx \quad (3.2-12)$$

Integrando ambos os lados da equação:

$$\int_{x_1}^{x_2} dU = \int_{x_1}^{x_2} kx \, dx \quad (3.2-13)$$

Sendo k a constante elástica, segue:

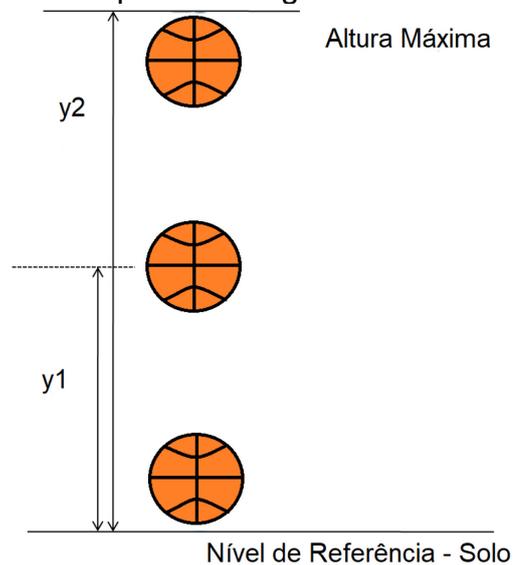
$$\int_{x_1}^{x_2} dU = k \int_{x_1}^{x_2} x \, dx \quad (3.2-14)$$

Integrando, tem-se então a equação da energia potencial elástica:

$$U_{Elást} = \frac{1}{2} kx^2 \quad (3.2-15)$$

Quando uma bola de basquete (Figura 4) é lançada verticalmente para cima a partir do solo, sendo que a trajetória ocorre no eixo y que o nível de referência é o solo. Quando ela chega no ponto mais alto do lançamento e para, tem-se então o maior potencial gravitacional ao seu ponto de partida, ou seja, o solo.

Figura 4 - Exemplo de Energia Potencial Gravitacional



Fonte: Criação do autor

Tomando a eq. 3.2-10 como partida para essa análise então a força gravitacional no eixo y . Tem-se:

$$-g m = \frac{-dU}{dy} \quad (3.2-16)$$

Integrando ambos os lados e lembrando que o produto entre massa (m), aceleração da gravidade (g) são constantes, tem-se:

$$\int_{y_1}^{y_2} dU = m g \int_{y_1}^{y_2} dy \quad (3.2-17)$$

Calculando as integrais tem-se então a energia potencial gravitacional da bola de basquete no ponto mais alto do lançamento:

$$U_{grav} = m g y \quad (3.2-18)$$

Young e Freedman (2008) alerta que:

“...Não é correto chamar de ‘energia potencial gravitacional do corpo’. A energia potencial gravitacional é uma propriedade do conjunto corpo e Terra. A energia potencial cresce quando a Terra permanece fixa e a altura do corpo aumenta; ela também cresceria se o corpo permanecesse fixo no espaço e a Terra se afastasse do corpo. Note que a fórmula $U_{grav} = mgy$ envolve uma característica do corpo (sua massa) e a outra característica que depende da Terra (o valor da gravidade).” (YOUNG e FREEDMAN, 2008. p. 215)

Tomando novamente por base a eq. 3.2-10, pode-se dizer que a energia potencial apresenta possibilidade de realizar trabalho, se uma certa força aplicada ao bloco da Figura 8 deslocando-se no plano x , então tem-se:

$$F_x dx = -dU \quad (3.2-19)$$

Integrando a equação 3.2-19:

$$\int_{x_1}^{x_2} F_x dx = - \int_{x_1}^{x_2} dU \quad (3.2-20)$$

Sabendo-se que força pelo deslocamento se trata de trabalho, então:

$$W = - \Delta U \quad (3.2-21)$$

Ou seja, trabalho realizado por uma força conservativa é a variação da energia potencial. Com isso, pode-se dizer que forças conservativas podem ser associadas a uma energia potencial. Sendo assim, quando essa força desempenha um trabalho que atua em um objeto, em que a variação da energia potencial integrante a um sistema o trabalho será negativo.

As forças não conservativas ou dissipativas, são forças que degradam parte da possibilidade de realizar trabalho útil, fazendo com que parte da energia inicial se perca no transcurso do processo da transformação ou transferência de energia num sistema aberto. Exemplos de forças dissipativas são força de atrito cinético e força de arrasto, entre outras. Sendo possível calcular todas as forças internas e externas envolvidas na realização do trabalho, o valor total da energia no sistema não muda, ou seja, permanece sempre constante mesmo não se transformando totalmente em trabalho útil (HALLIDAY, 2012).

A energia mecânica num sistema isolado se transforma, contudo se conserva. A título de exemplo, retomando a Figura 8 e considerando como sendo um sistema isolado e que não haja forças dissipativas, ou seja, admitindo que não haja atrito e nem a resistência do ar e tomando como base a equação 3.2-10 e buscando a segunda lei de Newton. Como há uma única força atuando sobre o bloco, pela lei do movimento:

$$F_x = m \frac{dv}{dt} \quad (3.2-22)$$

Substituindo a força da eq. 3.2-10 por sua igualdade na eq. 3.2-22, tem-se:

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{-dU}{dx} \quad (3.2-23)$$

Realizando a soma de $\frac{dU}{dx}$ na equação 3.2-23 dos dois lados da igualdade, tem-se:

$$m \frac{dv}{dt} + \left(\frac{dU}{dx}\right) = \frac{-dU}{dx} + \left(\frac{dU}{dx}\right) \quad (3.2-23)$$

Obtendo-se então:

$$m \frac{dv}{dt} + \frac{dU}{dx} = 0 \quad (3.2-24)$$

A energia se conserva durante todo o processo do movimento, ou seja, a energia no sistema não muda à medida que o tempo passa não importando o que aconteça no transcorrer do processo. Então, multiplicando-se a equação 3.2-24 por $\frac{dx}{dt}$, tem-se:

$$\left(m \frac{dv}{dt} + \frac{dU}{dx}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right) = 0 \left(\frac{dx}{dt}\right) \quad (3.2-25)$$

O produto, tem-se:

$$m \frac{dv}{dt} \frac{dx}{dt} + \frac{dU}{dx} \frac{dx}{dt} = 0 \quad (3.2-26)$$

Sabendo que $\left(\frac{dx}{dt}\right)$ é a velocidade, então para o primeiro termo o uso será definido por (v) , enquanto o segundo termo pode ser definido pela notação de Leibniz para regra da cadeia, tem-se então:

$$mv \frac{dv}{dt} + \frac{dU}{dt} = 0 \quad (3.2-27)$$

Usando a regra da cadeia para o primeiro termo, tem-se:

$$\frac{d(v^2)}{dt} = 2v \frac{dv}{dt} \quad (3.2-28)$$

$$\frac{1}{2} \frac{d(v^2)}{dt} = v \frac{dv}{dt} \quad (3.2-28.1)$$

Substituindo a eq. 3.2-28.1 na eq. 3.2-27, tem-se:

$$m \frac{1}{2} \frac{d}{dt}(v^2) + \frac{dU}{dt} = 0 \quad (3.2-29)$$

Sabendo que a soma das derivadas é associativa, então reescrevendo a equação 3.2-29, tem-se:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} mv^2 + U \right) = 0 \quad (3.2-30)$$

Este resultado mostra que, durante o decorrer do movimento, pode ocorrer variações de velocidade ou/e de aceleração levando em conta que não constantes, contudo, a derivada resulta em zero, com isso, à medida que o tempo passa a

expressão $\left(\frac{1}{2} mv^2 + U\right)$ não muda, ou seja, o resultado dessa expressão sempre dará um mesmo número. Pois a derivada em relação ao tempo sendo igual a zero a expressão muda com o tempo, na qual significa que é uma constante. Essa constante trata-se da energia mecânica (E_M), ou seja, resulta na conservação de energia em um dado referencial.

$$E_M = \frac{1}{2} mv^2 + U \quad (3.2-31)$$

Ou seja, a soma das energias cinética e potencial num sistema resulta na energia mecânica:

$$E_M = K + U \quad (3.2-32)$$

Quando o sistema é isolado, Halliday (2012) descreve que trata-se de “...um sistema no qual nenhuma força externa produz variações de energia. Se apenas forças conservativas realizam trabalho em um sistema isolado, a energia mecânica (E_M) do sistema não pode variar. Este é o **princípio de conservação de energia mecânica...**”. Então, tem-se que:

$$\Delta E_M = \Delta K + \Delta U = 0 \quad (3.2-33)$$

$$E_{M_0} = E_{M_f} \quad (3.2-34)$$

$$K_0 + U_0 = K_f + U_f \quad (3.2-35)$$

Na análise matemática da energia Halliday (2012) define a **energia total** (E) de um sistema como a “...*soma de energia mecânica e das energias internas, incluindo a energia térmica*) só pode variar se uma certa quantidade de energia é transferida

para o sistema ou retirada do sistema.” Isso é conhecido como **lei da conservação de energia**. O trabalho realizado sobre o sistema se dá:

$$W = \Delta E = \Delta E_{Mec} + \Delta E_T + \Delta E_{int} \quad (3.2-36)$$

O capítulo teve por objetivo apresentar estrutura temporal da evolução do conceito histórico da energia e energia cinética até ao conceito que se conhece hoje, como também o desenvolvimento dos conceitos físicos-matemáticos da energia cinética, energia potencial, com relação ao trabalho realizado em um dado referencial e da conservação da energia mecânica. Essa análise histórico-conceitual foi desenvolvida com o intuito de ser a base do produto didático elaborado nesse trabalho.

4 PRODUTO DIDÁTICO

O produto educacional (Apêndice B) foi elaborado sob a abordagem “...da sistematização de regularidades de toda a matéria e energia em seus movimentos, em suas múltiplas interações e suas constituições elementares” (SANTA CATARINA, 2014, p. 160). O produto foi destinado para ser desenvolvido com turmas da segunda série do ensino médio (2.^a série) da Escola de Ensino Básico Professor Júlio Scheidemantel situada na cidade de Timbó, Santa Catarina. Na qual os alunos já possuem um maior conhecimento dos conceitos referentes ao estudo do movimento cinemático e dinâmico com os objetos formativos dos postulados de Newton para o movimento.

O caminho a trilhar parte da construção e evolução conceitual de energia, numa abordagem histórica até a definição das equações da conservação de energia mecânica. Ao definir essa linha histórica, os alunos são levados a refletir como surgiu o conceito e o que impacta nas suas vidas no entendimento tal assunto, em que possam compreender qual a real finalidade da energia na vida de cada um nos dias de hoje. Parte-se do pressuposto que eles possam propor ações criativas de modo individual e coletivas, no aperfeiçoamento de processos produtivos, tendo consciência e buscando minimizar os impactos socioambientais no seu meio (BNCC, 2017, p. 540).

A metodologia desempenhada na elaboração do produto foi baseada nos 3MPs (desenvolvido por DELIZOICOV e ANGOTTI, 1998), em que a aplicação do produto educacional se encaixa muito bem com essa proposta metodológica em que DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO (2018), propõem que:

“...a perspectiva pedagógica baseada no tema gerador tem sua inspiração nas ideias de Paulo Freire e, para muitos de seus divulgadores, não pode ser entendida como um conjunto de receitas para a ação do professor, mas como um processo que permite conjugar ação – reflexão – ação, na geração de projetos pedagógicos próprios para as escolas...a valorização dos alunos e do processo de aprendizagem, diferenciando-se delas por sua origem histórica, ao privilegiar a realidade social e a mudança de consciência política”. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 125)

O produto foi aplicado nas aulas de Física na Escola de Educação Básica Professor Júlio Scheidemantel, situada no bairro Quintino, no município de Timbó, no estado de Santa Catarina. A escola conta com os ensinos Fundamental I, Fundamental II e Ensino Médio. Compõem ensino médio da escola seis turmas de

primeira série, oito de segunda série e cinco de terceira série. A instituição conta com uma pequena sala utilizada como laboratório, que não comporta um número muito grande de alunos e, quanto a materiais de laboratório para o ensino de Física, são pouquíssimos: algumas lâmpadas para lanterna, fios condutores, um termoscópio de Galileu. Para as outras ciências da natureza, há algumas vidrarias para aulas de Química, três microscópios para aulas de Biologia e quatro termômetros de vidro. Devido ao espaço e à falta de materiais necessários para a aplicação do produto, decidiu-se por fazê-lo parte na sala de aula da turma, parte no pátio coberto, onde se encontram grandes mesas para o desenvolvimento das atividades e da aplicação do jogo de tabuleiro. O produto didático foi aplicado no primeiro semestre de 2022, entre os meses de maio e julho, sendo desenvolvido em oito aulas.

O projeto, inicialmente, tratava do estudo do conceito de energia e sua conservação em brinquedos de um parque de diversões, onde os alunos teriam a possibilidade de observar, captar dados como tempo de funcionamento do brinquedo, altura por semelhanças de triângulos e qual o tipo de movimento. O produto tinha o intuito multidisciplinar, na qual foi apresentado na banca de qualificação de mestrado. Contudo, no ano seguinte ocorreu a pandemia da COVID-19 e devido aos protocolos de isolamento e sem a certeza do término, isso trouxe novos desafios para a educação básica. Por esse motivo, o presente trabalho teve toda uma readequação, em que foi decidido manter o estudo sobre o conceito de energia, porém voltado à criação de um jogo de tabuleiro como parte avaliativa do produto didático, na qual teve como enredo a evolução histórico-conceitual da energia e sua conservação. A aplicação do produto didático se deu em um período de flexibilização dos protocolos, no qual foi possível desenvolver as atividades de forma presencial, mesmo que muitos trabalhos tenham sido readaptados e aplicados de forma remota. Isso só foi possível devido a um acordo firmado entre o MNPEF e a CAPES na prorrogação estendida do curso, na qual aumentou o tempo para as devidas readequações e aplicação do produto educacional.

4.1 DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE TABULEIRO

Partindo da proposta da criação de um material didático/pedagógico que busca avaliar, sendo ao mesmo tempo motivador e que desperte o interesse dos estudantes e, que induza-os a refletirem sobre os conceitos físicos com mais clareza,

foi então, desenvolvido um jogo de tabuleiro de caráter lúdico-pedagógico com base no conceito de energia e sua conservação. Trata-se de uma forma alternativa de avaliativa na consolidação da aprendizagem significativa ao longo do percurso formativo do aluno. Rau (2013) descreve que a:

...Ludicidade como recurso pedagógico tem objetivos educacionais a atingir. Nessa perspectiva, utilizado em sala de aula, o jogo torna-se então um meio para a realização dos objetivos educacionais, e ao educando, ao praticá-lo nesse contexto, deve ser garantida a ação livre, iniciada e mantida unicamente pelo prazer de jogar é atrelada aos objetivos educacionais sistematizados pelo educador. (RAU, 2013, p. 32)

O jogo, denominado “*Rally Energy*”, foi desenvolvido partindo da ideia de um clássico jogo de tabuleiro, o “Ludo”. Devido à dinâmica simples e com um número reduzido de regras, o jogo é de fácil assimilação e busca concentrar a complexidade nos conceitos físicos. O processo do desenho do tabuleiro e das cartas se deu após a elaboração das regras ligadas ao conceito de energia. A temática do jogo teve como narrativa uma corrida de carros elétricos. La Carretta (2018) relata que “...A estrutura que norteia a criação de jogos de tabuleiro normalmente é feita com base em contar uma história, mas deve ser amparada na ideia que você não apenas vai assistir uma história, mas também *vivenciá-la*, criando um maior sentido na experiência” (LA CARRETTA, 2018, p. 15).

A ideia da história está relacionada a uma corrida em que o percurso muda a cada momento, a depender da posição do jogador no tabuleiro ou da carta que o jogador terá que tirar. A narrativa traz situações que ilustram as transformações de energia vivenciadas no cotidiano. A exemplo do consumo excessivo de energia elétrica transformando-se em energia luminosa por deixar os faróis acesos numa parada ou quando a bateria do carro superaquece, ou mesmo uma regeneração de energia elétrica numa frenagem. La Carretta (2018), em seu livro intitulado “Como fazer jogos de tabuleiro: Manual prático”, desenvolveu uma metodologia para criação de vários tipos de jogos para tabuleiro utilizando uma narrativa de missões que deve possuir quatro aspectos que são espaço, atores, itens e desafios (LA CARRETTA, 2018, p. 20):

“Espaço” corresponde ao campo reticulado onde o sistema é montado; “Atores” são os habitantes (controláveis ou não pelos jogadores) desse campo reticulado; “Itens” são as coisas (palpáveis ou não) que cada ator precisa para atingir determinado propósito dentro do que ele procura no sistema e “Desafios” são os objetivos que dão identidade ao propósito do jogo, diferenciando um jogo de outro sistema interativo cognitivo qualquer. (LA CARRETTA, 2018, p. 20)

Rally Energy é um jogo que possui os aspectos da narrativa descrita por La Carretta (2018). Na classificação descrita em seu livro e que traz as classes de jogos de tabuleiro, ele ilustra estas classes através de um quadro resumido a que dá o nome de “*Concept em Quest 3x4*” como mostra a Figura 1 abaixo (LA CARRETTA, 2018, p. 52).

Figura 5 - Quadro de classificação de tipos de jogos de tabuleiro



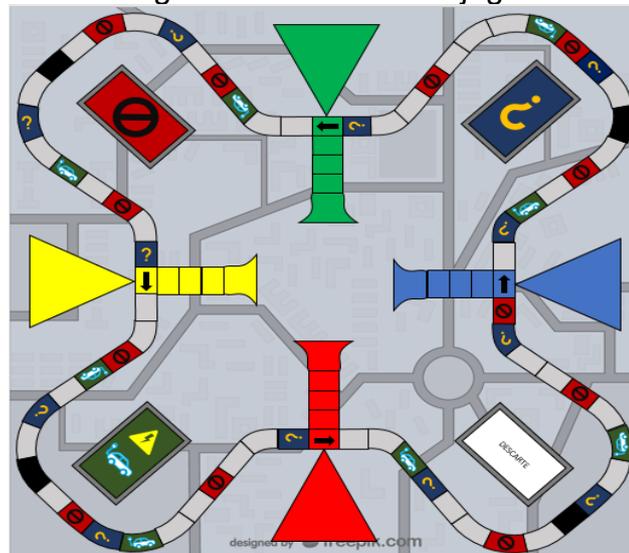
No caso do *Rally Energy*, a classificação se dá como sendo um jogo:

- **Espaço** de “*Progressão*” colaborativa;
- **Atores** são classificados “*Personagens*”, pois trata-se de carros elétricos;
- **Itens** têm classificação “*Power Ups*”, para as quais as cartas são de ônus, bônus e de desafios, ou seja, cartas com perguntas a serem respondidas;
- **Desafios**, trata-se de um jogo “*Coop*”, pois mesmo que seja um jogo de progressão em que há uma competição em relação a quem completará a volta primeiro e vencerá, há necessidade de colaboração entre os integrantes auxiliando nas interpretações das cartas, no abastecimento em que o jogador recebe um certo valor de energia e transformações de energia, segundo a narrativa do jogo.

O objetivo do jogo é dar uma volta completa, trilhando o tabuleiro (Figura 2). Ao longo do percurso, o jogador cairá em casas de cores e símbolos diferentes, que

tratam dos desafios que devem ser resolvidos. O jogo é composto por 1 tabuleiro, 4 peões, 2 dados, 24 cartas de perguntas, 16 cartas de ônus, 32 cartões de nível de energia 1³, 32 cartões de níveis de energia 2, 32 cartões de níveis de energia 4, 20 cartões de níveis de energia 8, 20 cartões de níveis de energia 10, 20 cartões de níveis de energia 15, 20 cartões de níveis de energia 20 e 20 cartões de níveis de energia 30. O tabuleiro ilustrado na Figura 6 trata-se da estação de progressão com temática de corrida de carros elétricos com a narrativa da transformação e transferência de energia. Conforme avança nas estações do tabuleiro, o jogador terá a possibilidade de parar nas casas de bônus, ônus, perguntas e de abastecimento, sempre envolvendo a temática baseada na lei da conservação de energia.

Figura 6 - Tabuleiro do jogo



Fonte: Tabuleiro criação do autor / imagem de fundo Designed by Freepik (<<http://www.freepik.com>>Designed by Freepik)

Com o objetivo de facilitar a aplicação, as regras são simples e de fácil entendimento. A sugestão é que sejam entregues de forma virtual ou impressa as regras do jogo com pelo menos uma aula de antecedência para que os alunos tenham tempo de lê-las, a fim de entenderem a mecânica do jogo. As regras são:

³ Os valores 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30, são quantidades de energia elétrica armazenadas nas células da bateria do carro elétrico, e a soma dos valores totaliza a carga da bateria, ou seja, o valor mostrado no medidor de energia do painel do veículo. Alusão ao banco imobiliário com variados valores de cédulas.

- Para se iniciar a partida, joga-se os dados e o participante que fizer o maior número de pontos inicia o jogo e os demais seguem na ordem do sentido anti-horário como próximo da jogada.
- O jogo pode ser jogado por 2, 3 ou 4 jogadores e mais 1 para ser o banco de recebimentos e trocas de energia. Caso não haja mais de 4 jogadores para que um seja o banco, então os que estão jogando decidem quem irá cuidar do banco de cartões de energia para o recebimento ou troca dos níveis de energia.
- Os cartões de níveis de energia são divididos em 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30. São embaralhados e distribuídos 20 cartões aleatoriamente para cada jogador no início do jogo. Cada jogador não terá a mesma quantidade de energia.
- Joga-se com 2 dados e os avanços são feitos de acordo com os valores obtidos com o lançamento, sendo que cada casa percorrida, o carro transforma um nível de energia elétrica em energia de movimento. Como resultado o jogador entrega o valor de casas percorridas em cartões de níveis de energia para o banco de energia.
- O peão de cada jogador começa na base da referida cor. O objetivo do jogo é ser o primeiro a levar seu carrinho elétrico a dar uma volta no tabuleiro e a chegar no ponto final demarcado com sua cor no centro do tabuleiro. Os peões se movem no sentido anti-horário.
- Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por outro jogador, o adversário deverá retornar para sua base ou terá que pagar com a quantia de energia de número de casas retroativas à casa de saída da cor referente ao jogador.
- Após dar uma volta no tabuleiro, o carrinho avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada à última casa só poderá ocorrer por um número exato na soma dos dados. Se o jogador tirar mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta, tendo que aguardar sua próxima jogada. Caso tenham ocorrido duas jogadas entre ir e voltar, o jogador pode jogar com apenas um dado.

- Quando um carrinho parar na casa de abastecimento de energia elétrica o jogador tira um cartão de energia aleatório, pois os cartões que estão sobre o tabuleiro estarão virados para baixo sem saber qual o valor do nível de energia.
- Quando um peão parar na casa de ônus, o jogador tirará uma carta e a lerá para saber o que ocorreu com seu carro elétrico dentro dos conceitos de energia e suas transformações. O jogador irá efetuar o descarte de níveis de energia conforme a ação que a carta solicitar.
- Se um carrinho parar numa casa de pergunta, o jogador tirará uma carta e lerá a pergunta e em seguida, ele dará sua resposta perante os jogadores. Para saber se a resposta está correta ou não, basta o jogador apontar um aparelho celular, com leitor de *QRCode*, no centro da carta e assim visualizar a resposta. Caso acerte, ele ganhará um valor em nível de energia; se errar, perderá um valor em nível de energia.
- Quando um carrinho parar na casa preta, o jogador perderá o cartão de maior nível de energia em mãos e ficará uma rodada sem jogar.

As cartas de perguntas (Figura 7) trazem questões que devem ser respondidas pelo jogador que cair em uma casa do tabuleiro com o símbolo de interrogação. Ao cair em uma casa com um ponto de interrogação, o jogador deve retirar uma carta do conjunto de cartas de perguntas, ler e responder a pergunta de forma que os outros jogadores possam ouvir. Na sequência, o jogador irá descobrir a resposta correta fazendo a leitura do *QRCode*⁴ que se encontra na carta. Caso a resposta esteja correta, o jogador ganhará um valor em níveis de energia. Caso contrário, o jogador perderá um certo valor em níveis de energia e terá que pagar ao banco de energia.

⁴ A leitura do *QRCode* poderá ser feita com a ajuda de um *smartphone*.

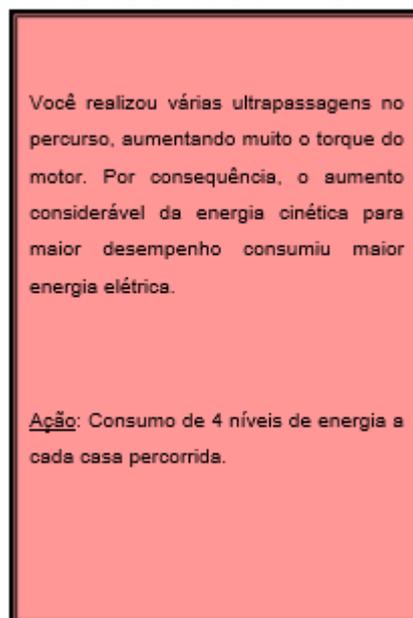
Figura 7 - Carta de pergunta e símbolo da casa de pergunta



Fonte: Criação do autor

As cartas ônus (Figura 8) tratam de intercorrências durante o trajeto, sendo que isso só será possível se o jogador cair na casa em que consta o símbolo de proibido.

Figura 8 - Carta de ônus e o símbolo de proibido



Fonte: Criação do autor

Os cartões de níveis de energia (Figura 9-1) referem-se à quantidade de carga da bateria. No início do jogo são embaralhados os cartões e em seguida, distribuídos a cada jogador, vinte unidades que estarão viradas não sabendo assim, quais valores recebeu. Na sequência, cada um conta seus valores e assim inicia-se o jogo.

A cada rodada, o jogador lança os dados para verificar quantas casas terá que avançar, sendo que este deslocamento do carro causará um consumo de energia elétrica que se transformará em energia cinética. Isso acarretará a diminuição de 1 nível de energia a cada casa progredida. Com isso, o jogador irá repassar à mesa a quantidade gasta de energia. Na rodada em que um carro cair em uma das casas de abastecimento (Figura 9-2), o jogador irá retirar um cartão de nível de energia que se encontra sobre o tabuleiro e virada no monte, ou seja, ele não saberá qual o valor do cartão até retirá-la do monte, então o carro estará abastecido.

Figura 9-1 e 9-2 - Cartão de nível de energia 15 e Ponto de abastecimento



Fonte: Criação do autor

4.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO

4.2.1 Problematização inicial

Aulas 1 e 2 (aulas de 45 minutos cada) - Nas duas primeiras aulas, nas quais são seguidas uma da outra. Partindo da proposta metodológica dos 3MPs as duas primeiras aulas são voltadas à problematização do assunto. Foi então, iniciada uma discussão, em que foi abordado o conceito de energia, nas quais foram feitas perguntas aos alunos sobre o que se entendiam como “*energia? do que se trata? ela é fácil de ser encontrada? a energia faz parte do cotidiano de todas as pessoas?*” na concepção deles (os alunos). Logo após a discussão, a turma se reuniu em grupos, de quatro alunos, em que trocaram ideias sobre o assunto. Foi proposta a criação de um mapa mental, sendo que esse mapa deveria partir da palavra “*Energia*”. Nesse momento foi entregue uma cartolina para cada grupo, para que, após rascunharem o mapa no caderno, passassem as ideias para a cartolina como versão final da atividade. Nessa primeira etapa o papel do docente foi a de gerar a problematização inicial nos primeiros 20 minutos de aula e em seguida, cada grupo decidiu como deveria ser elaborado o mapa partindo da palavra *Energia*. Os grupos tiveram total autonomia nas decisões de definirem o que seria posto no mapa, sendo palavras e/ou frases. Para o desenvolvimento do mapa, foi dado cerca de 15 a 20 minutos. Entre os 15 a 20 minutos finais os grupos foram orientados a confraternizar com uma breve fala da construção do mapa mental. E foram entregues ao professor ao término da aula. Porém, antes do término da aula foi solicitado que cada aluno acessasse um *link* postado no *google classroom*, ferramenta essa que as escolas públicas do estado de Santa Catarina começaram a utilizar a partir da pandemia com as aulas on-line e que, até o momento da elaboração dessa dissertação, ainda é muito utilizado. Lá deverão responder a algumas perguntas referentes ao que foi discutido em aula. O questionário (Quadro 1), serviu de norteador para o planejamento de aula referente ao do segundo momento pedagógico que é a organização do conhecimento, o questionário se encontra no Anexo 2. O motivo da aplicação do questionário somente após o término da aula, foi a falta de participação de alguns alunos no momento reservado à discussão. Nos grupos, foi observado que a maioria dos alunos também não contribuíram com expressividade na construção do mapa mental (Imagem 1),

então decidiu-se pela aplicação de um questionário que foi individual e de forma anônima.

Imagem 1 - Reunião em pequenos grupos para produção do mapa



Fonte: Acervo do Autor

Quadro 1 - Questionário de perguntas relacionadas à Energia

1. O que é energia? Explique com suas próprias palavras.

Aluno 1: É uma certa concentração de calor, não tenho certeza.

Aluno 2: Energia é a força de um corpo para o trabalho, ou movimento que ele esteja exercendo sobre tal objeto.

Aluno 3: Ela possibilita a realização de ações ou movimentos.

Aluno 4: Para mim, energia é tudo aquilo que me lembrar luz, ligar, carregar algo sem bateria. Por exemplo, quando estamos cansados falamos que estamos sem energia, dormimos, e renovamos nossa energia, pra mim é esse o conceito.

Aluno 5: Uma ação, uma reação, fonte de energia, eletricidade...uma grandeza física.

Aluno 6: Energia é uma fonte de calor onde ocorre por conta da vibração dos átomos.

Aluno 7: Energia é uma grande física e é algo abstrato e ela é capaz de produzir um trabalho, e também é muito importante para a sobrevivência humana.

Aluno 8: Eu penso no que é energia em muitas coisas, por exemplo: ações, movimentos, atrito. Fontes como: Sol, bateria, água. Para mim o conceito é tudo o que gera ação, que aquece, que faz algo funcionar.

Aluno 9: Energia pode suprir o cansaço de seres vivos ou contribuir para que uma luz seja acesa e um carro entre em movimento.

Aluno 10: Energia é o que dá capacidade de um corpo/elemento entrar em movimento.

Aluno 11: É força de dois corpos, tudo o que possui luz.

Aluno 12: Algo que move outra coisa. por exemplo, o alimento que consumimos é transformado em energia, assim podemos nos mover.

Aluno 13: A energia está relacionada à capacidade de produção de ação ou movimento e manifesta-se de muitas formas diferentes, como movimento de corpos, calor, eletricidade ...

Aluno 14: É a capacidade de realizar algo, de gerar força num determinado corpo, e também é a luz.

Aluno 15: Algo que funciona como um combustível dando a capacidade de cada ser ou coisa realizar suas funções.

Aluno 16: Energia é o que dá movimento a algo ou alguém, sendo que pra oferecer energia precisasse de algo para ser um "combustível" o que dá energia.

Aluno 17: Energia pode ser uma ação ou luz elétrica.

Aluno 18: A energia ela é de diferentes formas e está relacionada com a capacidade de produção de ação e movimento em um corpo.

2. Você conhece os conceitos das palavras abstrato e concreto? Explique com suas próprias palavras.

Aluno 1: abstrato é aquilo que não podemos tocar, e o concreto é o contrário, podemos manusear, sentir, etc...

Aluno 2: abstrato é algo que não é material como sentimentos já o concreto é tudo que é material e conseguimos tocar.

Aluno 3: Abstrato são os pensamentos, ideias, emoções. Não é algo material. Concreto: é algo material, que pode ser tocado.

Aluno 4: Sim. Abstrato é algo que "existe" em nossa cabeça, por exemplo, amor, é algo que não conseguimos pegar nas mãos, mas, conseguimos sentir. Concreto como o próprio nome já diz é algo concreto, que sentimos, que podemos tocar, como uma mesa.

Aluno 5: Abstrato seria algo que você não consegue "pegar, tocar". E concreto, seria algo concreto, que você consegue tocar, pegar.

Aluno 6: Abstrato é tudo aquilo que não podemos tocar, ver ou sentir, é a imaginação e concreto é o contrário.

Aluno 7: Abstrato são sentimentos ou coisas que não podemos tocar, e coisas concretas são coisas que podemos tocar.

Aluno 8: Abstrato: algo não material, sentimentos, ações, não é possível de pegar. Concreto: algo material, concreto, tudo o que se pode tocar.

Aluno 9: Abstrato é um pensamento de algo sem sentido e concreto você pode tocar, olhar etc.

Aluno 10: ABSTRATO: O que não se pode tocar. CONCRETO: Algo que é possível tocar.

Aluno 11: Abstrato é algo sem sentido e concreta tem algum sentido.

Aluno 12: concreto: existência independente de outro ser. abstrato: existência dependente de outro ser.

Aluno 13: Abstrato: Sentimento - Concreto: Matéria, coisas que consigo tocar.

Aluno 14: Concreto quando não depende de outro seres vivo pra existir. Abstrato depende de outros seres vivos para existir.

Aluno 15: Abstrato pode ser algo que deriva de outra coisa para existir Já concreto é algo que não depende de outro ser para existir.

Aluno 16: Abstrato algo que não se pode tocar. Concreto pode tocar.

Aluno 17: Abstrato quando é dependente de outro ser vivo concreto quando não depende de outro ser vivo.

Aluno 18: Abstrato não tem existências física e concreta próprias, é oposto ao substantivo concreto. O concreto é a classe dos substantivos que designa coisas palpáveis, como pessoas, objetos, animais e lugares.

3. No seu entendimento, o que é conservação de energia? Justifique sua resposta.

Aluno 1: é a energia armazenada.

Aluno 2: Conservação de energia é utilizar menos força ou capacidade de trabalho possível. Utilizar somente o necessário.

Aluno 3: A energia pode ser contínua, sempre pode ser transformada, e não pode desaparecer.

Aluno 4: Conservar algo é economizar, guardar para utilizar em outro momento. Conservar energia é desligar uma luz que está ligada desnecessariamente.

Aluno 5: Em minha opinião, a conservação de energia é algo contínuo, algo que não muda, não sofre alteração.

Aluno 6: Deixar a energia armazenada em um local.

Aluno 7: é algo que sofre algum evento e que permanece a mesma quantidade.

Aluno 8: Para mim é uma energia que pode ser armazenada (penso nisso logo pela palavra conservação). Na teoria de verdade a energia não se perde mas sim se transforma em outro tipo, continua constante.

Aluno 9: Diminuir seus movimentos, moderar ao dirigir um carro, fazer o uso de energia elétrica somente quando necessário.

Aluno 10: É a transformação de uma energia para outra, que pode ser armazenada.
Ex: Usina hidrelétrica utilizando a queda da água para impulsionar as turbinas que transformam a energia mecânica em elétrica.

Aluno 11: É algo que guarda a energia, o mesmo nome já se explica.

Aluno 12: que a energia não se perde? porque ela tá sendo conservada, não sei, na minha cabeça faz sentido.

Aluno 13: É a lei ou princípio da conservação de energia estabelece toda a energia em um sistema isolado permanece constante. Este princípio está intimamente ligado com a própria definição da energia.

Aluno 14: A conservação de energia estabelece e a quantidade de energia em sistema isolado permanece constante.

Aluno 15: Algo que podemos transformar e transferir, mas não pode ser criado e destruído.

Aluno 16: A energia não é criada nem destruída, é sempre transformada de um tipo em outro ou outros. O total da energia que existe antes da sua transformação é igual ao seu total depois dessa transformação.

Aluno 17: A conservação da energia é uma diminuição de energia de um determinado tipo.

Aluno 18: A energia ela pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída.

4. O que são energias renováveis e não renováveis? Explique e cite pelo menos uma de cada.

Aluno 1: renovável. por exemplo, energia corporal, pois quando o ser humano fica sem energia basta comer, descansar... que retomamos as nossas energias.

Aluno 2: Energia eólica e solar são exemplos de energia renováveis são por causarem menos impactos ambientais. As energias não renováveis são as que causam grande impacto ambiental como por exemplo, a energia nuclear.

Aluno 3: Energia renovável: são aquelas que são fornecidas pela natureza, que sempre consegue se renovar. EXEMPLOS: hídrica (energia da água dos rios), solar (energia do sol), eólica (energia do vento).

Energia não renovável: utilizam recursos naturais esgotáveis, que vão ter um fim, seja em um futuro próximo, médio ou prazo. EXEMPLOS: petróleo, carvão mineral, gás natural.

Aluno 4: Energia renovável é a energia solar, energia eólica, são boas para o nosso planeta, já as energias não renováveis são aquelas que prejudicam o meio ambiente como o petróleo e carvão.

Aluno 5: Energias renováveis utilizam recursos que não se esgotam ou se regeneram na natureza. Já energias não renováveis, utilizam recursos que se esgotam na natureza e, por isso, podem gerar diversos problemas para o meio ambiente.

Aluno 6: As novas formas de energia como a energia solar e eólica já a não renovável é a energia hídrica que ocorre quando é construída uma usina hidrelétrica, no caso ocorre a modificação do ambiente pois o rio é interrompido por uma barragem.

Aluno 7: As energias renováveis, são aquelas que são da natureza e que se renovam naturalmente, além de causarem baixo impacto na natureza, como a energia solar e energia eólica são renováveis, já o carvão, energia nuclear e petróleo são não renováveis, ou seja são energias que tem recursos limitados na natureza e que levam milhões de anos para se recompor.

Aluno 8: A energia renovável utiliza recursos que não se esgotam, não se acabam, se regeneram na natureza. A energia não renovável é o contrário, utiliza recursos que se esgotam na natureza, e também geram problemas por isso. Exemplo de renovável: energia solar, energia eólica, energia hídrica, biomassa e outras. Exemplo de não renovável: petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear.

Aluno 9: Energia solar, energia eólica.

Aluno 10: RENOVÁVEL: Limpa ou alternativa que são originadas da natureza e se renovam naturalmente, quase não causa impacto ambiental. Ex: solar e eólica.

NÃO RENOVÁVEL: São originadas com recursos limitados da natureza, que podem levar milhões de anos para se compor. Ex: fontes fósseis (petróleo, carvão) e energia nuclear.

Aluno 11: Energia renovável vem naturalmente como o sol. Já a não renovável precisam passar por algum processo para ser energia, o petróleo.

Aluno 12: eu acho que energia renovável usa recursos renováveis pra produzir energia, como o sol (energia solar). a energia não renovável seria o contrário, de exemplo, energia nuclear talvez, não sei.

Aluno 13: As diferenças entre fontes de energia renováveis e não renováveis estão na disponibilidade e sustentabilidade de cada uma: as fontes renováveis são abundantes e têm menor impacto no meio ambiente, enquanto as fontes não renováveis têm reservas limitadas para esgotar e são grandes emissoras de gases poluentes.

Aluno 14: energia renováveis são: a energia solar, a energia eólica, a energia hídrica, a biomassa, a energia geotérmica, a energia maremotriz e a energia ondomotriz. Já as fontes de energia não renováveis são: o petróleo, o carvão mineral, o gás natural e a energia nuclear.

Aluno 15: Energia renovável: são abundantes e possuem menos impacto ambiental, podendo ser regenerar espontaneamente ou por intervenção humana ex: energia solar.

Energia não renovável :são queles que não pode ser renovado ou substituído, ex :o combustível.

Aluno 16: As fontes de energia primárias renováveis são: a energia solar, a energia eólica, a energia hídrica, a biomassa, a energia geotérmica, a energia maremotriz e a energia ondomotriz. Já as fontes de energia primárias não renováveis são: o petróleo, o carvão mineral, o gás natural e a energia nuclear.

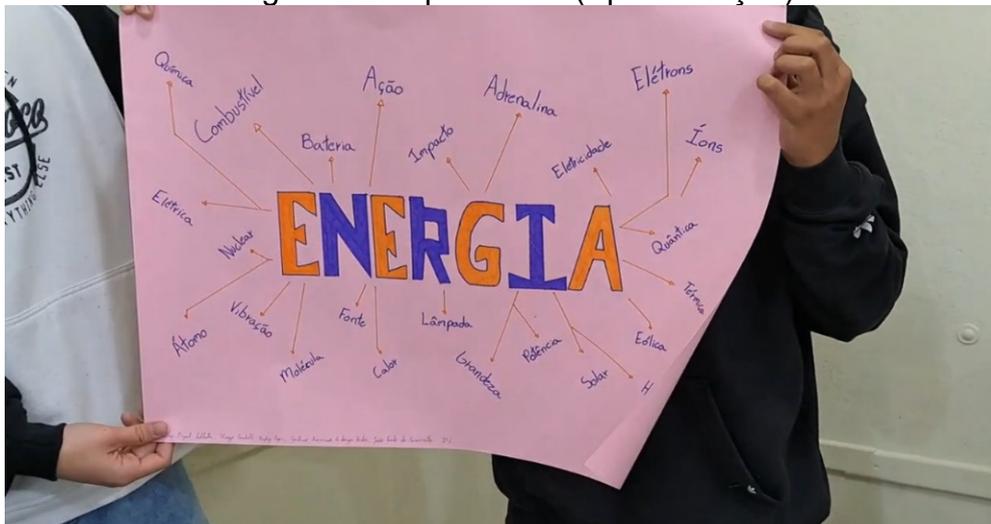
Aluno 17: Fonte renovável vem de recursos naturais e a fonte não renovável pode ser produzida por carvão mineral gás natural

Aluno 18: As fontes de energia renováveis são todos os recursos energéticos encontrados na natureza que se renovam em escala de tempo humana e que podem

ser utilizados de forma direta sem precisar passar por qualquer tipo de transformação, como a energia solar e eólica, exemplos a energia solar, a energia eólica, a energia hídrica, a biomassa, a energia geotérmica, a energia maremotriz e a energia ondomotriz. E As energias não renováveis são energias provenientes de recursos que não se renovam em tempo útil na natureza, ou seja, suas reservas tendem a acabar com o uso no decorrer do tempo, como, por exemplo, o petróleo e o carvão mineral.

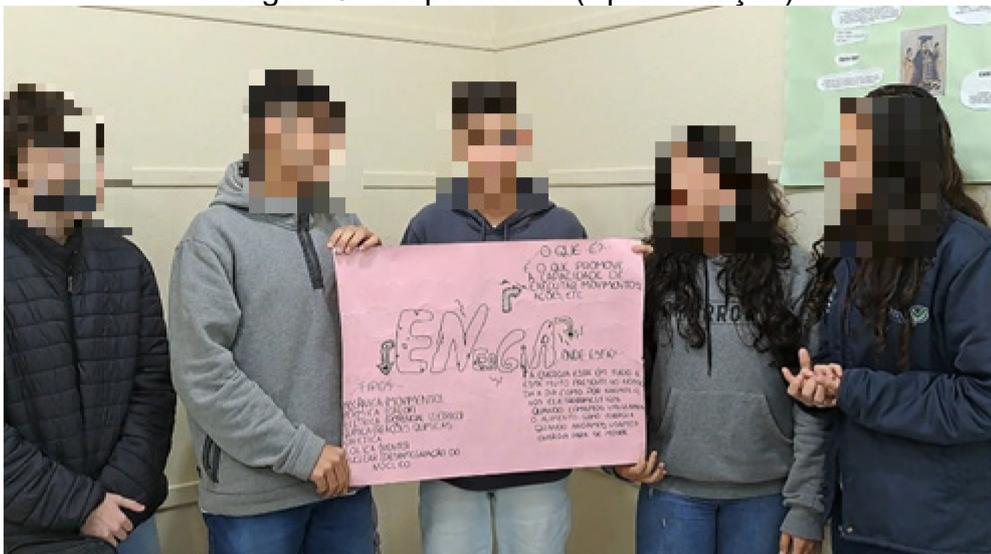
Fonte: Criação do autor

Imagem 2 - Mapa mental (Apresentação)



Fonte: Acervo do Autor

Imagem 3 - Mapa mental (Apresentação)



Fonte: Acervo do Autor.

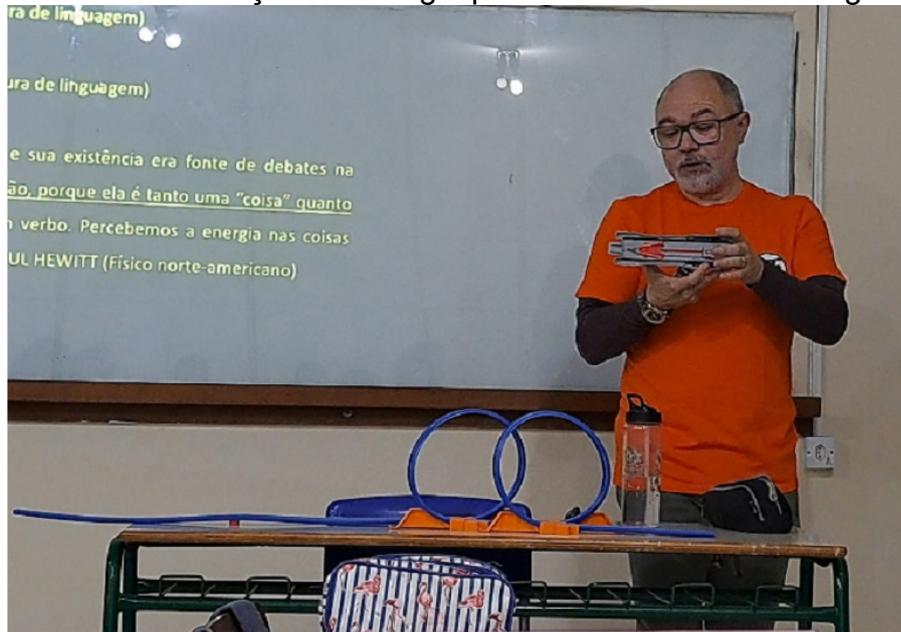
Os resultados dos mapas (Imagem 2 e 3) e do questionário mostraram muito bem que a compreensão do que é energia é muito vaga, e mesmo que alguns apontem para uma definição mais assertiva, ainda assim, não a compreendem muito bem. Na primeira pergunta (Quadro 1) a maioria das respostas relacionam a palavra energia à força, ao movimento, à luz, ânimo, vigor e a eletricidade. Nas demais perguntas do questionário os alunos desenvolveram melhor suas respostas, como na pergunta do que se tratava o conceito de abstrato e concreto. Todos compreendiam os dois conceitos. Quanto à pergunta sobre o que tratava-se de conservação, também relacionaram a algo que pode ser armazenado, contido e conservado. E a última pergunta era relacionada aos tipos de energias renováveis e não-renováveis. Todos os alunos responderam conforme previsto, pois devido a assuntos de relevância, como sustentabilidade acaba-se atrelando aos tipos de energias renováveis ou não-renováveis. Com essa análise foi possível planejar o segundo momento pedagógico na desconstrução de algumas ideias e no entendimento de outras, baseando-se nos resultados das primeiras atividades propostas (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 156).

4.2.2 Organização do conhecimento

Aulas 3 e 4 (aulas de 45 minutos cada e seguidas) - Na terceira e quarta aulas, foi primeiramente apresentado à turma alguns experimentos realizados pelo professor, na qual foi demonstrado que uma bola de tênis em queda, após colidir com o solo, torna a subir. O outro experimento foi a demonstração de uma plataforma onde havia uma base que era engatilhada com elástico a uma trava (Imagem 4). Em seguida, foi colocado um carrinho em repouso nessa base e um dispositivo foi acionado, fazendo com que o carro fosse lançado com certa velocidade, passando por uma pista com looping e depois sendo arremessado para fora da pista. Logo após, foi apresentada uma bobina de Tesla, aproximando a ela uma lâmpada fluorescente (Imagem 5) que não estava ligada a nada, contudo ela gerou luz. Os últimos experimentos apresentados foram o pêndulo de Newton e bolas de bilhar. Com ambos foram demonstradas as colisões entre as esferas do pêndulo, movimentando uma esfera, depois duas e três. Os alunos observaram as transferências que ocorriam a cada momento de formas diferentes. As bolas de bilhar foram postas sobre a mesa, sendo lançada uma contra a outra que estava em repouso. Devido a velocidade que

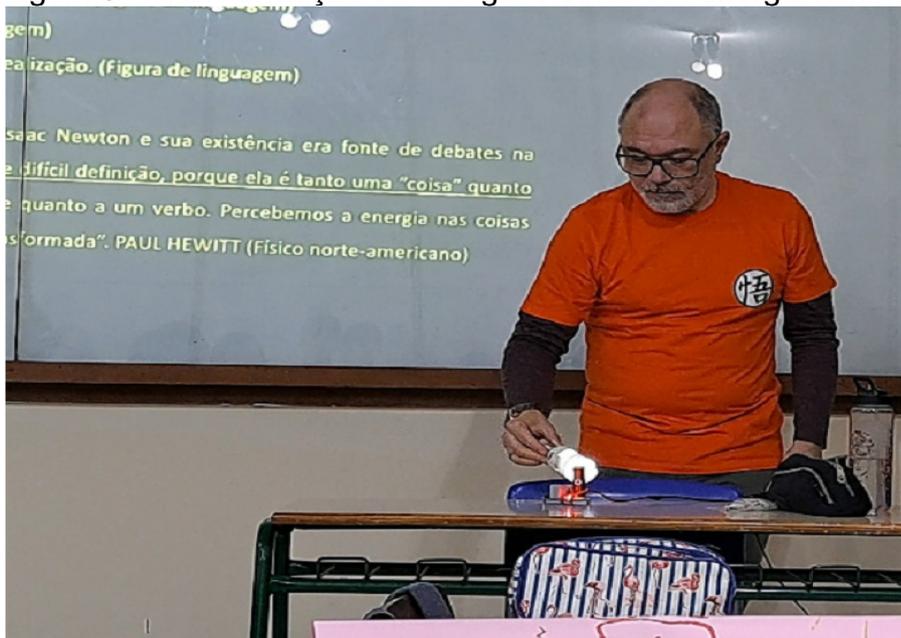
a primeira bola foi lançada, na colisão com a segunda bola que estava parada, houve a transferência de movimento da primeira para segunda, na qual ela continuou com o movimento retilíneo e a primeira entrou em repouso.

Imagem 4 - Transformação de energia potencial elástica em energia cinética



Fonte: Acervo do autor

Imagem 5 - Transformação de energia elétrica em energia luminosa



Fonte: Acervo do autor

Após a apresentação dos experimentos foi discutido o que aconteceu em cada prática. Todos surpreenderam-se com cada experimento e estavam buscando uma explicação para cada evento. Na sequência, foi mostrado novamente as bolas de bilhar, onde foi explicado que com a difusão do jogo de bilhar na Inglaterra, na segunda metade do século XVII a Academia Real de Ciência Britânica propôs o

desenvolvimento de um trabalho sobre essas transferências de movimento entre bolas de bilhar. Partindo dessa introdução um tanto curiosa, buscou-se a atenção da turma e assim, apresentou-se a evolução do conceito de energia e a lei da conservação de energia mecânica através do conhecimento histórico.

Com esse artifício, foi possível levá-los a entender melhor o processo evolutivo do conceito através dos marcos históricos. O desenvolvimento histórico-conceitual foi percorrido de forma resumida, com base no capítulo 3, chegando à equação da energia cinética como é conhecida atualmente. Após a explanação realizada, a partir da apresentação em slides, foram resolvidos alguns exemplos de questões de energia cinética, potencial gravitacional, potencial elástica e a conservação da energia mecânica. Foi aplicada uma lista de exercícios sobre a conservação de energia para ser feita em casa.

Aulas 5 e 6 (aulas de 45 minutos cada e seguidas) - Na quinta e sexta aulas, foram discutidas as dúvidas que surgiram em algumas questões, sendo que boa parte estava relacionada à interpretação textual e outras sobre as situações em que uma energia se transforma em outro tipo de energia e como estruturar a equação de conservação de energia para realizar o cálculo. Logo depois, foram resolvidas as questões na lousa com a participação de alguns alunos e em seguida, foi analisada a resolução e discutido com a turma todos os passos na interpretação e resolução dos exercícios. Na sequência, foram discutidos os tipos de energia renováveis e não-renováveis e suas transformações e os usos no dia a dia.

4.2.3 Aplicação do conhecimento

Aulas 7 e 8 (aulas de 45 minutos cada e seguidas) - Na sétima e oitava aulas, foi realizada uma breve revisão sobre tudo o que foi estudado sobre o conceito de energia. Nessa etapa foi desenvolvido o terceiro momento pedagógico, ou seja, a aplicação do conhecimento (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157). Nesse instante os grupos reuniram-se e foi devolvido para cada equipe a primeira atividade que foi o mapa mental, em que foram desenvolvidos conforme os pré-conhecimentos que os alunos tinham sobre o que é energia. Em seguida, foi proposto que no verso da cartolina fosse feito um novo mapa, porém agora sendo um mapa conceitual de energia e depois cada grupo apresentou seu trabalho como apresentadas nas Imagens 6 e 7.

Imagem 6 - Mapa Conceitual (Apresentação final)



Fonte: Acervo do Autor.

Imagem 7 - Mapa conceitual (Apresentação final)



Fonte: Acervo do Autor

Cabe salientar que foi possível evidenciar a aprendizagem no transcurso das aulas. Após a culminância da atividade, foram entregues a cada grupo um *kit* do jogo *rally energy* (Imagem 8), sendo que na aula da semana anterior foi enviado via *google classroom* o manual do jogo para que cada um pudesse ler, para que no dia em que fossem jogar, já estivessem sabendo as regras e como jogar. E assim foi feito. Os alunos jogaram e a maioria conseguiu resolver as questões que o jogo apresentava a

cada rodada. Quando algum jogador respondia a uma pergunta, os demais integrantes usavam o celular com leitor de *QRCode* para saber se a resposta estava correta ou não.

Imagem 8 - Jogo *Rally Energy* (Processo Avaliativo)



Fonte: Acervo do autor

A aplicação do produto alcançou seu objetivo com o desenvolvimento de um ensino e aprendizagem dos alunos, pois foi um processo satisfatório. Foi possível avaliar o desempenho dos estudantes, na apresentação da última atividade proposta, na qual foi entregue a cada grupo, a cartolina do mapa mental, na qual discutiram novamente sobre o conceito de energia e o que tinham aprendido e refizeram o mapa, agora trazendo de forma mais estruturada o conceito. De forma criteriosa a nova apresentação do mapa conceitual não teve uma expressividade comparado com o primeiro mapa. Contudo, os alunos tiveram uma maior desenvoltura na jogabilidade do jogo de tabuleiro. Foi visível o envolvimento, a cooperação e o entendimento das regras e da dinâmica de jogo, sendo poucos os alunos que tiveram certa dificuldade, devido a interpretação das perguntas do jogo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da Base para o tema estruturante de Matéria e Energia torna como parte fundamental do desenvolvimento do conceito, pois tal tema está relacionado à interdisciplinaridade na área das Ciências da Natureza. No que concerne ao componente curricular de Física, cabe a esse desenvolver a sistematização em todos os aspectos que sejam unificadores aos processos mecânicos, termodinâmicos entre outros (SANTA CATARINA, 2014, p. 160).

Com base na Proposta Curricular de Santa Catarina, voltado aos eixos estruturantes, foi desenvolvido e aplicado o produto educacional, onde foram alcançados os objetivos inicialmente traçados no estudo do projeto. O objeto do conhecimento da energia, foi fundamentado nos preceitos histórico e físico-matemáticos. Alicerçado na metodologia dos três momentos pedagógicos, em que o desenvolvimento do produto foi de grande ajuda, pois a estrutura metodológica é simples, dinâmica e objetiva. Pensando a estrutura do currículo básico do ensino médio, em que foi reduzida a carga horária das disciplinas ao longo dos três anos, tornou-se um grande desafio para o professor desenvolver uma sequência didática que realmente possa gerar uma efetiva aprendizagem para o aluno. Contudo, os três momentos pedagógicos facilitaram o planejamento e a execução do projeto didático na real situação da educação básica.

No processo da avaliação final, através da apresentação do mapa conceitual, da resolução dos problemas, tanto da lista de exercícios quanto da desenvoltura ao jogarem o jogo de tabuleiro, resultou numa boa avaliação.

A criação e estruturação do jogo educacional de tabuleiro foi uma experiência e ao mesmo tempo um grande desafio, visto que foi elaborado do zero, sem nenhuma noção de criação de jogos e muito menos de desenvolver uma narrativa para o jogo. Além disso, exigiu todo um cuidado para não haver problemas com direitos autorais, em que a base do jogo de tabuleiro Ludo, mesmo se tratando de um material didático voltado à educação e sem fins lucrativos. Em relação ao processo de pesquisa e desenvolvimento do jogo, foi relevante ter por base um jogo de tabuleiro de fácil jogabilidade, com poucas regras, dinâmico e com duração média de 20 a 25 minutos, levando em conta o tempo de duração de uma aula, que é de 45 minutos.

A busca por referências e materiais que trouxessem orientações de como criar jogos físicos e ainda mais no gênero de tabuleiro é muito restrita. Porém, com o auxílio

de alguns artigos e com o manual prático de como fazer jogos de tabuleiros desenvolvido por um professor doutor em artes visuais da PUC Minas, Marcelo La Carretta (2018), foi possível ter um norte na construção do projeto desde a narrativa da história até a montagem das cartas e as regras do jogo. Depois de pronto, todo o jogo foi jogado muitas vezes realizando testes, em que foram revistas algumas regras, acrescentadas outras e feitos alguns ajustes na trilha do jogo. A narrativa foi adequada a uma corrida de carros elétricos em que se observou todos os conceitos referentes a energia e a sua conservação. Vale ressaltar que a estrutura e as regras do jogo podem ser adaptadas para qualquer uma das quatro áreas do conhecimento (Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Linguagens e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias).

Os alunos apresentaram grande interesse no entendimento da narrativa do jogo. Foi possível observar a dedicação em administrar as jogadas e principalmente em responder as questões problemas do jogo, em que muitas vezes havia uma cooperação entre os colegas nas contagens de casas, nas transformações de energia e dinâmica das jogadas.

A observação do professor nesse momento é imprescindível, no intuito de avaliar a desenvoltura de cada aluno na brincadeira, pois muitos se divertiram e aprenderam ao mesmo tempo. Isso ficou visível, principalmente, quando alguém não sabia responder a uma questão e outros colegas acabavam dando alguma dica e até faziam mímicas para que fosse possível responder as perguntas das cartas. O desenvolvimento e aplicação do jogo, voltado ao conceito da energia, como também as demais atividades propostas nesse produto didático alcançaram os objetivos, levando assim, a uma aprendizagem significativa.

Caro professor, sempre que possível inclua em seus planejamentos uma atividade interativa, lúdica e criativa e verás que o retorno dessa sequência didática será um aprendizado significativo com base nos conhecimentos científicos. O jogo está disponível para ser impresso e utilizado como material de apoio nas atividades de ensino-aprendizagem do aluno. O professor poderá realizar as devidas adaptações no jogo para a sua realidade escolar. Como por exemplo: os peões podem ser tampas de garrafas *PET*, os dados podem ser impressos, através de modelos na internet, recortados, montados e colados. Esse material é para você professor.

REFERÊNCIAS

AL-KHALILI, Jim. **Order and Disorder**. Roteiro: Jim Khalili. London: Four BBC, 2017. (120 min.), color. Legendado. Documentário. Disponível em: https://youtu.be/9_zrKyLemfg?si=GSu6lcU6_9lrnFrX. Acesso em: 15 jan. 2023.

ALTRÃO, F.; NEZ, E. **Metodologia de ensino: um re-pensar do processo de ensino e aprendizagem**. / Francielle Altrão e Egesleine de Nez. Revista Panorâmica On-line. Barra do Garças – MT, vol. 20, p. 83-113, jan./jul. 2016.

BERNOULLI <<http://ecalculo.if.usp.br/historia/bernoulli1.htm>> Acesso: 15/11/2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2016.

CLARE, N. **Origins of Billiards**. / Norman Clare, Days of Old nº 1 – junho de 1982. <<https://www.snookerheritage.co.uk/normans-articles/days-of-old/origins-of-billiards/>> - Acesso: 12/12/2022.

CORIOLIS. G. G. **Du Calc de L'effet Des Machines**. Carilian-Goeury, Libraire des Corps Royaux des Ponts et Chaussées et des Mines. Quai des Augustins, nº 41, Paris. 1829.

CORONA, L. **Heat, Light, and Emilie du Châtelet**. <<https://www.wondersandmarvels.com/2011/06/heat-light-and-emilie-du-chatelet.html>> Acesso: 05/01/2023.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. Colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva. – 5. ed. – São Paulo: Cortez, 2018.

DU CHÂTELET. Madame Du Châtelet. **Institutions de Physique – De la Force des Corps**. Cap. XXI – páginas 412 – 450. França, 1740.

<<https://books.google.pl/books?id=ItETAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=pl#v=onepage&q&f=false>> Acesso: 05/01/2023.

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman [recurso eletrônico]**: edição definitiva / Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; Tradução Adriana Válio Roque da Silva, Kaline Rabelo Coutinho. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2008.

GOMES, C. L. **A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – Parte I**. Caderno Brasileiro do Ensino de Física. Edição v. 32 n. 2 (2015). <<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n2p407>> Acesso: 10/11/2022

HALLIDAY, D. **Fundamentos da Física vol. 01: Mecânica** / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker – 9ª ed.; Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HECHT, E. **Understanding energy as a subtle concept: A model for teaching and learning energy**. Eugene Hecht, citação na American Journal of Physics vol. 87, n.º 7, página 495, julho de 2019.

HELMHOLTZ, Hermann Ferdinand von. **Ueber die Erhaltung der Kraft**. Ciclo de palestras ministradas em Karlsruhe no inverno de 1862/63. <<https://www.projekt-gutenberg.org/helmholt/kraft/kraft.html>> Acesso: 05/01/2023

HERMAN, J. H. “**De Mensura Virium Corporum**”, Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae I – 1726 publicado em 1728 – Alemanha. <<https://books.google.pl/books?id=4josxh3x3CUC&printsec=frontcover&hl=pl#v=onepage&q&f=false>> Acesso: 05/01/2023

LA CARRETTA, M. **Como fazer jogos de tabuleiro: manual prático**. Marcelo La Carretta. – 1. ed. – Curitiba: Appris, 2018.

LA CONDAMINE, Charles-Marie, 1701-1774. **A Viagem na América Meridional Descendo o Rio das Amazonas / Condamine**. Brasília: Senado Federal, 2000. 204 p. – (Coleção O Brasil Visto por Estrangeiros).

MARTINS, R. de A., et al. **A Marquesa de Châtelet: uma filósofa natural do século XVIII**. Ensino de Matemática e Ciências [livro eletrônico] – Salto, SP: Fox Tablet, 2022.

OLIVEIRA, A. R. E. **A evolução do conceito físico de trabalho no contexto das máquinas**. f. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

ORNELLAS, Antonio José. **A energia dos tempos antigos aos dias atuais**. Maceió – EDUFAL, 2006. 71p.: il. – (Conversando sobre ciências em Alagoas. Pg. 21

RAU, D. T. C. M. **A ludicidade na educação: uma atitude pedagógica**. [livro eletrônico] / Maria Cristina Trois Dorneles Rau. – Curitiba: Ibplex, 2013.

s’GRAVESANDE, W. J. **Essai D’um Nouvelle Theorie Du Choc des Corps, Fundée sur L’Experience**. Ed. 1722. La Haye – França.

SANTA CATARINA. Governo do Estado. Secretaria de Estado da Educação. **Proposta Curricular de Santa Catarina: Caderno 2: Formação Geral Básica**. Santa Catarina, S.E.D. 2014.

SILVA, L. M. da; MOURA, R. W. S. **O jogo e a Aprendizagem Significativa**. Atas III ENID/UEPB, FIEP, UFCG, Campina Grande, v. 5, 2013.

SILVA, M. S.. **Émilie Du Châtelet**. Blog de Ciência da Universidade Estadual de Campinas: Mulheres na Filosofia, V. 6 N. 3, 2020, p. 76-88 – Edição eletrônica - <<https://www.blogs.unicamp.br/mulheresnafilosofia/emilie-du-chatelet/>> Acesso: 06/10/2022.

YOUNG, D. H.; **FREEDMAN, A. R. Física I – Mecânica.** Tradução Sonia Midori Yamamoto; Revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 12. Ed. – São Paulo: Addison Wesley, 2008.

YOUNG, Thomas, M.D. **A Course of Lectures on Natural Philosophy and Mechanical Arts.** A new edition, with references and notes, by the Rev. P. Kelland, M.A., F.R.S., Lond. e Edinb., late fellow of Queen's college, Cambridge; Professor of Mathematics, STC. In tile University of Edinburgh. Vol. – I. London: Printed for Taylor and Walton, Upper Gower Street. 1845.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Antoni Zabala; tradução Ernani F. da F. Rosa – Porto Alegre: Artmed, 1998.

<<https://www.snookerheritage.co.uk/normans-articles/days-of-old/origins-of-billiards/>>
- Days of Old nº 1 – junho de 1982. Acesso: 12/12/2022.

APÊNDICE A – Produto Didático



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS BLUMENAU – POLO 52

MNPEF – MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**ABORDAGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DE ENERGIA A PARTIR DOS TRÊS
MOMENTOS PEDAGÓGICOS E UM JOGO DE TABULEIRO.**

Fábio Gomes Miranda

Blumenau

2023

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO DE TIPOS DE JOGOS DE TABULEIRO	9
FIGURA 2 – TABULEIRO DO JOGO	11
FIGURA 3 - CARTA DE PERGUNTA E SÍMBOLO DA CASA DE PERGUNTA	13
FIGURA 4 - CARTA DE ÔNUS E O SÍMBOLO DE PROIBIDO	14
FIGURA 5-1 E 5-2 - CARTÃO DE NÍVEL DE ENERGIA 15 E PONTO DE ABASTECIMENTO	15

LISTAS DE IMAGENS

IMAGEM 1 - JOGO DE TABULEIRO (*RALLY ENERGY*).....21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCSC – Proposta Curricular de Santa Catarina

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

3MPs – Os Três Momentos Pedagógicos

SUMÁRIO

1	CARO DOCENTE.....	5
2	PROPOSTA METODOLÓGICA	6
3	JOGO DE TABULEIRO COM TEMA ENERGIA.....	8
4	PLANO DE AULA	17
4.1	Primeiro momento – problematização inicial	17
4.1.1	Aulas 1 e 2.....	17
4.2	segundo momento – organização do conhecimento	17
4.2.1	Aulas 3 e 4.....	18
4.2.2	Aulas 5 e 6.....	19
4.3	terceiro momento – aplicação do conhecimento	19
4.3.1	Aulas 7 e 8.....	19
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21

6 CARO DOCENTE

Caro docente!

No ensino de Física, sabe-se que planejar uma aula ou uma sequência didática não é uma tarefa fácil, principalmente em se tratando de conhecer o perfil da turma, a série, a estrutura da instituição educacional, pois muitas das vezes é fato que não há um devido suporte de laboratórios equipados. Apesar dos percalços que todos enfrentam no dia a dia em sala de aula, não é motivo para desânimo, pois pode-se adaptar à realidade buscando sempre desenvolver uma melhor qualificação seja numa formação continuada, seja em uma pós-graduação ou mesmo com experiências de outros docentes de uma mesma região ou na vasta diversidade cultural, social e regional do país em que talvez as realidades sejam muito diferentes. Essa troca de experiências pode nos ajudar a agregar ideias e até mesmo deixar-se desafiar e permitir-se a fazer uso de novas metodologias usadas por outros docentes sejam elas novas ou mesmo as tradicionalmente utilizadas em sala de aula, porém buscando sempre recriar, reinventar e experimentar, ou seja, ressignificar.

Com esse pensamento, segue a apresentação de uma proposta de um produto educacional voltado a um objeto formativo na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no ensino de Física. Com base na BNCC (BRASIL, 2018) e na PCSC (SANTA CATARINA, 2020, p. 175) os conceitos estruturantes desenvolvido no ensino fundamental têm continuidade no ensino médio de forma mais aprofundada, onde a PCSC retrata que:

As competências específicas da área orientam as aprendizagens essenciais dos(as) estudantes, ampliando os conceitos abordados. No ensino fundamental, os(as) estudantes têm a oportunidade de enfrentar questões que demandam a aplicação dos conhecimentos sobre Matéria e Energia, com o objetivo de introduzir a prática da investigação científica e ressaltar a importância da problematização do mundo contemporâneo. No ensino médio, espera-se a inserção de situações-problema, incluindo as que permitem aos jovens a aplicação de leis, teorias e modelos com maior nível de abstração e propostas de intervenção em contextos mais amplos, bem como reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas e reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas tecnologias. (SANTA CATARINA, 2020, p. 175)

O desenvolvimento desse produto educacional tem por objetivo tornar a aprendizagem com significado buscando trazer uma análise avaliativa quanto aos

conhecimentos prévios que o aluno tem quanto ao conceito estruturante de Energia, pois como um dos temas norteadores do ensino fundamental. E partindo dessa premissa, gera-se uma problematização sobre o tema no primeiro momento da aplicação do produto, em que será desenvolvido atividades que os façam refletir e discutir sobre o que se trata Energia na concepção de cada um deles. Passando depois por uma abordagem da construção histórico-conceitual de energia e a conservação de energia, em que na sequência será desdobrado a lei da conservação de energia mecânica tratando exemplos do conceito e de exercícios de fixação. E por fim sendo apresentado atividades com o seguimento avaliativo, sendo aplicado um jogo de tabuleiro estruturado nos conceitos formativos do produto sobre energia, conservação de energia mecânica e nas suas transformações.

7 PROPOSTA METODOLÓGICA

Ensinar dentro de um ambiente de educação formal inevitavelmente requer que o professor tome decisões sobre vários assuntos. A escolha de uma metodologia de ensino é uma decisão crucial para quem deseja [o professor] o engajamento do aluno ativamente. Essa definição essencialmente traça o perfil do indivíduo, pois determina as técnicas de aprendizagem que serão aplicadas para atingir seus objetivos (Altrão e Nez, 2016, p. 85).

Com vista em um processo dinâmico que busque o engajamento do aluno numa aprendizagem significativa, decidiu-se pela metodologia dos três momentos pedagógicos (3MPs) que traz uma efetiva prática pedagógica relacionada às etapas de observação, associação e expressão, na qual Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

O aluno é convidado, no primeiro momento, a observar o mundo ao redor, para descobrir seus focos de interesse. Em seguida, é incentivado a associar as observações e os focos de interesse ao que já sabe e ao que existe nos livros e em outros recursos do conhecimento sistematizado. No momento de síntese, mediante a livre expressão, desenho, escrita ou outra linguagem de domínio do aluno, ele registra o conhecimento adquirido. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018, p. 126)

Os três momentos pedagógicos proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), conferem três momentos da construção do conhecimento

científico, sendo o primeiro momento o da *Problematização Inicial*, em que os alunos interagem com os temas por meio de suas observações e experiências relacionadas ao cotidiano. É nesse momento que os conhecimentos prévios dos estudantes serão mapeados a fim de nortear os próximos passos do professor no que se refere ao planejamento e aplicação de atividades que vão integrar os segundo e terceiro momentos. Além disso, o primeiro momento fomenta o estudante a analisar os seus conceitos e buscar um entendimento mais abrangente e preciso. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018, p. 155). Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

[...] A meta é problematizar o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral, com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, questões inicialmente discutidas num *pequeno grupo*, para, em seguida, serem exploradas as posições dos vários grupos com toda a classe, no *grande grupo*. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 155-156)

O segundo momento pedagógico refere-se à *Organização do Conhecimento*. Nesse momento o docente aplica processos e atividades desenvolvidas com base nos conhecimentos prévios dos estudantes. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018):

“As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificadas como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 156).

O terceiro momento pedagógico é a *Aplicação do Conhecimento*. Essa etapa trata do processo avaliativo, ou seja, o momento em que o professor irá avaliar a desenvoltura e a sistematização do conhecimento que o aluno adquiriu nos passos anteriores, seja na ruptura ou desconstrução da ideia inicial ou mesmo na estruturação científica do conhecimento inicial. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157)

Com base nessa estrutura metodológica foi desenvolvido todo o percurso formativo do produto educacional, partindo das atividades diagnósticas, das atividades de construção ou reconstrução dos conhecimentos prévios, voltados para o conhecimento científico e por fim as atividades estruturantes que consolidam os conceitos científicos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157).

8 JOGO DE TABULEIRO COM TEMA ENERGIA

Partindo da proposta da criação de um material didático/pedagógico que busca avaliar, sendo ao mesmo tempo motivador e que desperte o interesse dos estudantes e, que induza-os a refletirem sobre os conceitos físicos com mais clareza, foi então, desenvolvido um jogo de tabuleiro de caráter lúdico-pedagógico com base no conceito de energia e sua conservação. Trata-se de uma forma alternativa de avaliativa na consolidação da aprendizagem significativa ao longo do percurso formativo do aluno. Rau (2013) descreve que a:

...ludicidade como recurso pedagógico tem objetivos educacionais a atingir. Nessa perspectiva, utilizado em sala de aula, o jogo torna-se então um meio para a realização dos objetivos educacionais, e ao educando, ao praticá-lo nesse contexto, deve ser garantida a ação livre, iniciada e mantida unicamente pelo prazer de jogar é atrelada aos objetivos educacionais sistematizados pelo educador. (RAU, 2013, p. 32)

O jogo, denominado “*Rally Energy*”, foi desenvolvido partindo da ideia de um clássico jogo de tabuleiro, o “Ludo”. Devido à dinâmica simples e com um número reduzido de regras, o jogo é de fácil assimilação e busca concentrar a complexidade nos conceitos físicos. O processo do desenho do tabuleiro e das cartas se deu após a elaboração das regras ligadas ao conceito de energia. A temática do jogo teve como narrativa uma corrida de carros elétricos. La Carretta (2018) relata que “...A estrutura que norteia a criação de jogos de tabuleiro normalmente é feita com base em contar uma história, mas deve ser amparada na ideia que você não apenas vai assistir uma história, mas também *vivenciá-la*, criando um maior sentido na experiência” (LA CARRETTA, 2018, p. 15).

A ideia da história está relacionada a uma corrida em que o percurso muda a cada momento, a depender da posição do jogador no tabuleiro ou da carta que o

jogador terá que tirar. A narrativa traz situações que ilustram as transformações de energia vivenciadas no cotidiano. A exemplo do consumo excessivo de energia elétrica transformando-se em energia luminosa por deixar os faróis acesos numa parada ou quando a bateria do carro superaquece, ou mesmo uma regeneração de energia elétrica numa frenagem. La Carretta (2018), em seu livro intitulado “Como fazer jogos de tabuleiro: Manual prático”, desenvolveu uma metodologia para criação de vários tipos de jogos para tabuleiro utilizando uma narrativa de missões que deve possuir quatro aspectos que são espaço, atores, itens e desafios (LA CARRETTA, 2018, p. 20):

“Espaço” corresponde ao campo reticulado onde o sistema é montado; “Atores” são os habitantes (controláveis ou não pelos jogadores) desse campo reticulado; “Itens” são as coisas (palpáveis ou não) que cada ator precisa para atingir determinado propósito dentro do que ele procura no sistema e “Desafios” são os objetivos que dão identidade ao propósito do jogo, diferenciando um jogo de outro sistema interativo cognitivo qualquer. (LA CARRETTA, 2018, p. 20)

Rally Energy é um jogo que possui os aspectos da narrativa descrita por La Carretta (2018). Na classificação descrita em seu livro e que traz as classes de jogos de tabuleiro, ele ilustra estas classes através de um quadro resumido a que dá o nome de “*Concept em Quest 3x4*” como mostra a Figura 1 abaixo (LA CARRETTA, 2018, p. 52).

Figura 10 - Quadro de classificação de tipos de jogos de tabuleiro



Fonte: La Carretta, 2018, p. 52

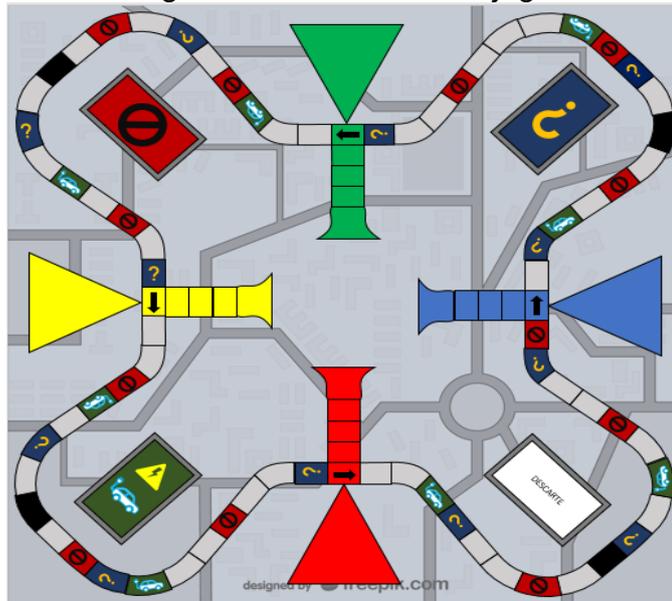
No caso do *Rally Energy*, a classificação se dá como sendo um jogo:

- **Espaço** de “*Progressão*” colaborativa;
- **Atores** são classificados “*Personagens*”, pois trata-se de carros elétricos;
- **Itens** têm classificação “*Power Ups*”, para as quais as cartas são de ônus, bônus e de desafios, ou seja, cartas com perguntas a serem respondidas;
- **Desafios**, trata-se de um jogo “*Coop*”, pois mesmo que seja um jogo de progressão em que há uma competição em relação a quem completará a volta primeiro e vencerá, há necessidade de colaboração entre os integrantes auxiliando nas interpretações das cartas, no abastecimento em que o jogador recebe um certo valor de energia e transformações de energia, segundo a narrativa do jogo.

O objetivo do jogo é dar uma volta completa, trilhando o tabuleiro (Figura 2). Ao longo do percurso, o jogador cairá em casas de cores e símbolos diferentes, que tratam dos desafios que devem ser resolvidos. O jogo é composto por 1 tabuleiro, 4 peões, 2 dados, 24 cartas de perguntas, 16 cartas de ônus, 32 cartões de nível de energia 1⁵, 32 cartões de níveis de energia 2, 32 cartões de níveis de energia 4, 20 cartões de níveis de energia 8, 20 cartões de níveis de energia 10, 20 cartões de níveis de energia 15, 20 cartões de níveis de energia 20 e 20 cartões de níveis de energia 30. O tabuleiro ilustrado na Figura 2 trata-se da estação de progressão com temática de corrida de carros elétricos com a narrativa da transformação e transferência de energia. Conforme avança nas estações do tabuleiro, o jogador terá a possibilidade de parar nas casas de bônus, ônus, perguntas e de abastecimento, sempre envolvendo a temática baseada na lei da conservação de energia.

⁵ Os valores 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30, são quantidades de energia elétrica armazenadas nas células da bateria do carro elétrico, e a soma dos valores totaliza a carga da bateria, ou seja, o valor mostrado no medidor de energia do painel do veículo. Alusão ao banco imobiliário com variados valores de cédulas.

Figura 11 – Tabuleiro do jogo



Fonte: Tabuleiro criação do autor / imagem de fundo Designed by Freepik
(<<http://www.freepik.com>>Designed by Freepik)

Com o objetivo de facilitar a aplicação, as regras são simples e de fácil entendimento. A sugestão é que sejam entregues de forma virtual ou impressa as regras do jogo com pelo menos uma aula de antecedência para que os alunos tenham tempo de lê-las, a fim de entenderem a mecânica do jogo. As regras são:

- 9 Para se iniciar a partida, joga-se os dados e o participante que fizer o maior número de pontos inicia o jogo e os demais seguem na ordem do sentido anti-horário como próximo da jogada.
- 10 O jogo pode ser jogado por 2, 3 ou 4 jogadores e mais 1 para ser o banco de recebimentos e trocas de energia. Caso não haja mais de 4 jogadores para que um seja o banco, então os que estão jogando decidem quem irá cuidar do banco de cartões de energia para o recebimento ou troca dos níveis de energia.
- 11 Os cartões de níveis de energia são divididos em 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30. São embaralhados e distribuídos 20 cartões aleatoriamente para cada jogador no início do jogo. Cada jogador não terá a mesma quantidade de energia.

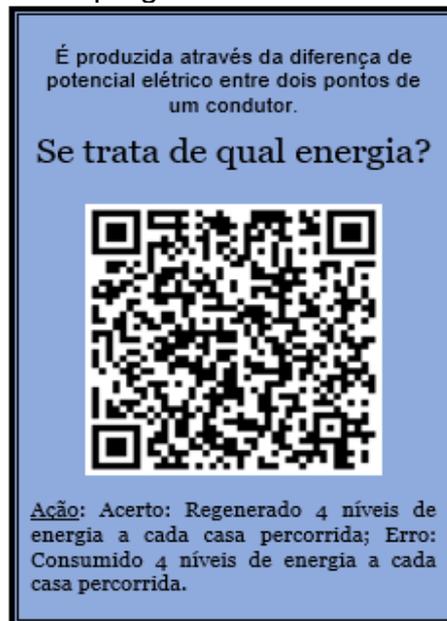
- 12 Joga-se com 2 dados e os avanços são feitos de acordo com os valores obtidos com o lançamento, sendo que cada casa percorrida, o carro transforma um nível de energia elétrica em energia de movimento. Como resultado o jogador entrega o valor de casas percorridas em cartões de níveis de energia para o banco de energia.
- 13 O peão de cada jogador começa na base da referida cor. O objetivo do jogo é ser o primeiro a levar seu carrinho elétrico a dar uma volta no tabuleiro e a chegar no ponto final demarcado com sua cor no centro do tabuleiro. Os peões se movem no sentido anti-horário.
- 14 Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por outro jogador, o adversário deverá retornar para sua base ou terá que pagar com a quantia de energia de número de casas retroativas à casa de saída da cor referente ao jogador.
- 15 Após dar uma volta no tabuleiro, o carrinho avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada à última casa só poderá ocorrer por um número exato na soma dos dados. Se o jogador tirar mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta, tendo que aguardar sua próxima jogada. Caso tenham ocorrido duas jogadas entre ir e voltar, o jogador pode jogar com apenas um dado.
- 16 Quando um carrinho parar na casa de abastecimento de energia elétrica o jogador tira um cartão de energia aleatório, pois os cartões que estão sobre o tabuleiro estarão virados para baixo sem saber qual o valor do nível de energia.
- 17 Quando um peão parar na casa de ônus, o jogador tirará uma carta e a lerá para saber o que ocorreu com seu carro elétrico dentro dos conceitos de energia e suas transformações. O jogador irá efetuar o descarte de níveis de energia conforme a ação que a carta solicitar.
- 18 Se um carrinho parar numa casa de pergunta, o jogador tirará uma carta e lerá a pergunta e em seguida, ele dará sua resposta perante os jogadores. Para saber se a resposta está correta ou não, basta o jogador apontar um aparelho celular, com leitor de *QRCode*, no centro da carta e assim visualizar a resposta.

Caso acerte, ele ganhará um valor em nível de energia; se errar, perderá um valor em nível de energia.

19 Quando um carrinho parar na casa preta, o jogador perderá o cartão de maior nível de energia em mãos e ficará uma rodada sem jogar.

As cartas de perguntas (Figura 3) trazem questões que devem ser respondidas pelo jogador que cair em uma casa do tabuleiro com o símbolo de interrogação. Ao cair em uma casa com um ponto de interrogação, o jogador deve retirar uma carta do conjunto de cartas de perguntas, ler e responder a pergunta de forma que os outros jogadores possam ouvir. Na sequência, o jogador irá descobrir a resposta correta fazendo a leitura do *QRCode*⁶ que se encontra na carta. Caso a resposta esteja correta, o jogador ganhará um valor em níveis de energia. Caso contrário, o jogador perderá um certo valor em níveis de energia e terá que pagar ao banco de energia.

Figura 12 - Carta de pergunta e símbolo da casa de pergunta

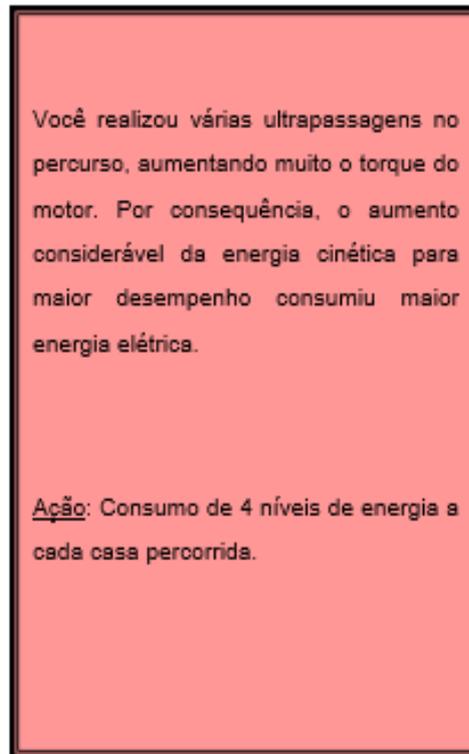


Fonte: Criação do autor

As cartas ônus (Figura 4) tratam de intercorrências durante o trajeto, sendo que isso só será possível se o jogador cair na casa em que consta o símbolo de proibido.

⁶ A leitura do *QRCode* poderá ser feita com a ajuda de um *smartphone*.

Figura 13 - Carta de ônus e o símbolo de proibido



Fonte: Criação do autor

Os cartões de níveis de energia (Figura 5-1) referem-se à quantidade de carga da bateria. No início do jogo são embaralhados os cartões e em seguida, distribuídos a cada jogador, vinte unidades que estarão viradas não sabendo assim, quais valores recebeu. Na sequência, cada um conta seus valores e assim inicia-se o jogo.

A cada rodada, o jogador lança os dados para verificar quantas casas terá que avançar, sendo que este deslocamento do carro causará um consumo de energia elétrica que se transformará em energia cinética. Isso acarretará a diminuição de 1 nível de energia a cada casa progredida. Com isso, o jogador irá repassar à mesa a quantidade gasta de energia. Na rodada em que um carro cair em uma das casas de abastecimento (Figura 5-2), o jogador irá retirar um cartão de nível de energia que se encontra sobre o tabuleiro e virada no monte, ou seja, ele não saberá qual o valor do cartão até retirá-la do monte, então o carro estará abastecido.

Figura 14-1 e 5-2 - Cartão de nível de energia 15 e Ponto de abastecimento



Fonte: Criação do autor

O jogo completo encontra-se no Anexo B do produto didático.

20 PLANO DE AULA

O produto educacional tem a proposta de ser aplicado em oito aulas, sendo dividido em três etapas com base na metodologia dos três momentos pedagógicos. A primeira etapa foi desenvolvida em duas aulas, a segunda, em quatro aulas e a última, duas aulas.

20.1 PRIMEIRO MOMENTO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

20.1.1 Aulas 1 e 2 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Desenvolver uma discussão sobre “o que é energia?”, partindo desse ponto para levantar informações que contribuam para avaliar os conhecimentos prévios que os alunos têm quanto ao conceito.

Processo: Problematizar o conceito de energia com a ideia de que não se cria energia do nada, como uma esfera de luz como em desenhos ou filmes. (sugestão minha)

Recursos: Uso da lousa, cartolina e questionário.

Desenvolvimento:

- Aplicar questionário individualmente;
- Problematizar o conceito de energia, partindo de questionamentos do uso da palavra no dia a dia do aluno;
- Formar pequenos grupos;
- Propor aos grupos a produção de um mapa mental do ponto de vista de cada um do grupo, em que será feito na cartolina;
- No término da construção do mapa, cada grupo irá compartilhar com a turma o trabalho finalizado;
- Os mapas são entregues ao professor para serem avaliados.

20.2 SEGUNDO MOMENTO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

20.2.1 Aulas 3 e 4 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Organizar as ideias apresentadas pelos alunos, buscando estruturar os conhecimentos científicos do conceito da energia.

Processo: Desenvolver meios que facilitem a compreensão do conceito partindo inicialmente da experimentação prática, seja de forma interativa ou expositiva. Exemplos como carrinhos de brinquedos em pistas com *looping* e lançamento por travas com elástico (energia potencial elástica); bolas de vários tamanhos em queda, como exemplo de uma bola de basquete e uma de tênis de mesa em queda (energia potencial gravitacional transformando-se em energia cinética); simuladores digitais de sites especializados no ensino de Física como o “*Phet Colorado*” ou até mesmo vídeos.

Na sequência, desenvolver o contexto histórico da evolução do conceito da energia. Como suporte, o “**capítulo 3**” da dissertação desse produto traz uma pesquisa histórica do conceito da energia, para que o professor possa ter suporte histórico sem precisar realizar várias buscas de artigos e livros sobre o assunto. Este momento o professor tem autonomia para desenvolver seu material através de uma *time-line* com palavras-chave de datas e nomes de importância no desenvolvimento histórico ou apresentar a história de forma resumida em um texto ou em *slides*.

O processo histórico culminará no desfecho do desenvolvimento da equação da energia cinética. Em seguida, o professor expõe os conceitos físicos-matemáticos da energia potencial gravitacional e elástica, energia mecânica e a conservação de energia, em que serão desenvolvidos exemplos de resolução de questões relacionadas aos assuntos estudados e aplicada uma lista de exercícios de fixação.

Recursos: Uso da lousa, *slides*, internet e equipamentos para os experimentos.

Desenvolvimento:

- Desenvolver de forma introdutória o conceito de energia partindo de práticas experimentais, seja de forma expositiva ou interativa;
- Criar uma linha do tempo histórica da evolução do conceito da energia;
- Explanar os conceitos matemáticos das energias potencial gravitacional, elástica e da energia mecânica, trazendo exemplos e resoluções de exercícios;
- Aplicar lista de exercícios de fixação do assunto.

20.2.2 Aulas 5 e 6 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Desenvolver os conceitos matemáticos com resoluções de exercícios sobre a conservação de energia mecânica.

Processo: Realizar uma breve revisão das aulas anteriores e na sequência, verificar o desenvolvimento dos alunos, quanto à resolução dos exercícios de fixação do assunto abordado. Em seguida, propor a correção da lista em pequenos grupos, no qual haverá pelo menos um aluno que tenha resolvido toda a lista e assim, um orienta o outro dentro do grupo. O professor dará o devido suporte caso precise. Depois, um ou mais alunos de cada grupo irá a lousa para resolver os exercícios e o docente, logo após corrige a questão.

Recursos: Uso da lousa, *slides*.

Desenvolvimento:

- Iniciar a aula realizando uma breve revisão de todo conhecimento abordado nas aulas anteriores;
- Realizar uma busca daqueles alunos que eventualmente tenham dúvidas em alguma das questões da lista e orientá-los;
- Formar grupos para aqueles alunos que resolveram toda a lista possa orientar outros do grupo com dificuldade;
- Resolver na lousa, as questões da lista pelo próprios alunos e na sequência o professor verifica a resolução e tece os comentários, caso seja necessário;
- Orientar os alunos a lerem o manual e as regras do jogo de tabuleiro para a próxima aula.

20.3 TERCEIRO MOMENTO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

20.3.1 Aulas 7 e 8 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Desenvolver atividades para a estruturação do conhecimento científico do conceito da energia.

Processo: Antes da aplicação do jogo de tabuleiro, repasse as orientações quanto às regras, ao embaralhamento das cartas e cartões do jogo. Orientar os alunos nos grupos que tenham em mãos pelo menos um aparelho celular para leitura do *QRCode* das cartas de perguntas e um rascunho caso precise realizar algum cálculo durante o jogo.

Uma partida dura em média 25 minutos, talvez a primeira rodada eles tenham algumas dúvidas e isso pode atrasar um pouco a primeira rodada. Uma sugestão, seria interessante que na aula antes da aplicação do jogo, o professor oriente um aluno de cada grupo sobre as regras do jogo para que esse seja o orientador dentro cada grupo. Com isso, vai otimizar muito o tempo no desenvolvimento da atividade.

Na metade da segunda aula, o professor irá entregar os mapas mentais de cada grupo e propõem que no verso da cartolina seja feito um mapa conceitual do conceito da energia buscando agora tudo o que aprenderam no percurso da sequência didática. Nos últimos 15 minutos, faça uma conversa para que cada grupo apresente o que mudou no mapa em relação ao anterior. O mapa será uma das possíveis avaliações em que o professor pode gerar nota.

Recursos: Uso da lousa, jogo de tabuleiro (Imagem 1), caderno ou rascunho para os cálculos e um aparelho de celular em cada grupo para leitura do *QRCode*.

Desenvolvimento:

- Realizar uma breve orientação sobre o jogo;
- Aplicar o jogo em pequenos grupos;
- Desenvolver um novo mapa conceitual;
- Culminância da sequência didática, no qual o professor buscará avaliar de forma lúdica o aprendizado do aluno através do jogo educacional de tabuleiro sobre o assunto de energia.

Imagem 9 - Jogo de Tabuleiro (*Rally Energy*)

Fonte: Acervo do autor.

21 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse material didático tem como proposta desenvolver no discente o conhecimento científico a partir de problematizações iniciais, práticas experimentais, conhecimento histórico, desenvolvimento matemático e atividades lúdicas, como no caso do presente produto, no qual foi aplicado um jogo educacional de tabuleiro baseado no conceito da energia e suas transformações.

O produto pode ser adaptado à realidade do professor, não havendo a necessidade de comprar as peças do jogo. Como sugestão, o docente pode utilizar reciclados como tampa de garrafa PET, se tiver poucos dados de outros jogos lúdicos que a escola possua, pode ser usado apenas um dado por tabuleiro. Caso não tenha dados, sugiro construir os dados de papel a partir de molde que se encontra na internet. O tabuleiro pode ser impresso em folhas de sulfite e depois basta encaixá-las e colar com cola ou fita adesiva, não há a necessidade de imprimir em uma gráfica.

Levando em conta a realidade da educação básica atual, em que o planejamento do professor deve estar em consonância com as novas normas, cabe a ele desenvolver sequências didáticas apoiadas nos eixos de competências e

habilidades a serem trabalhadas com os alunos como, também, avaliações diferenciadas que busque o pensamento crítico do discente e a aprendizagem.

REFERÊNCIAS

SANTA CATARINA. Governo do Estado. Secretaria de Estado da Educação. **Proposta Curricular de Santa Catarina: Caderno 2: Formação Geral Básica.** Santa Catarina, S.E.D. 2014.

ALTRÃO, F.; NEZ, E. **Metodologia de ensino: um re-pensar do processo de ensino e aprendizagem.** / Francielle Altrão e Egesleine de Nez. Revista Panorâmica On-line. Barra do Garças – MT, vol. 20, p. 83-113, jan./jul. 2016.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** Colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva. – 5. ed. – São Paulo: Cortez, 2018.

LA CARRETTA, M. **Como fazer jogos de tabuleiro: manual prático.** Marcelo La Carretta. – 1. ed. – Curitiba: Appris, 2018.

ANEXO A – MANUAL E REGRAS DO JOGO *RALLY ENERGY*

Manual do jogo Energy Rally

Objetivo:

O objetivo do jogo é percorrer todo o trajeto do tabuleiro, dando uma volta completa com o carrinho elétrico resolvendo os desafios durante o percurso e o primeiro jogador que chegar na casa central vence.

Itens:

- 01 tabuleiro;
- 04 peões (4 cores diferentes) (carrinho elétrico);
- 02 dados;
- 24 cartas de perguntas;
- 16 cartas de ônus;
- Cartões de níveis de energia:
 - 32 de nível de energia 1;
 - 32 de nível de energia 2;
 - 32 de nível de energia 4;
 - 20 de nível de energia 8;
 - 20 de nível de energia 10;
 - 20 de nível de energia 15;
 - 20 de nível de energia 20;
 - 20 de nível de energia 30.

As regras são:

- Para se iniciar a partida, joga-se os dados e o participante que fizer o maior número de pontos inicia o jogo e os demais seguem na ordem do sentido anti-horário como próximo da jogada.
- O jogo pode ser jogado por 2, 3 ou 4 jogadores e mais 1 para ser o banco de recebimentos e trocas de energia. Caso não haja mais de 4 jogadores para que um seja o banco, então os que estão jogando decidem quem irá cuidar do banco de cartões de energia para o recebimento ou troca dos níveis de energia.

- Os cartões de níveis de energia são divididos em 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30. São embaralhados e distribuídos 20 cartões aleatoriamente para cada jogador no início do jogo. Cada jogador não terá a mesma quantidade de energia.
- Joga-se com 2 dados e os avanços são feitos de acordo com os valores obtidos com o lançamento, sendo que cada casa percorrida, o carro transforma um nível de energia elétrica em energia de movimento, onde o jogador entrega o valor de casas percorridas em cartões de níveis de energia para o banco de energia.
- O peão de cada jogador começa na base da referida cor. O objetivo do jogo é ser o primeiro a levar seu carrinho elétrico a dar uma volta no tabuleiro e a chegar no ponto final demarcado com sua cor no centro do tabuleiro. Os peões se movem no sentido anti-horário.
- Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por um peão adversário, o adversário deve voltar para sua base ou paga com a quantidade de energia do número de casas retroativas até a casa de saída da cor.
- Após dar uma volta no tabuleiro o carrinho avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada a última casa, só pode ser obtida por um número exato na soma dos dados. Se o jogador tirar mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta, tendo que aguardar sua próxima jogada. Caso tenha ocorrido duas jogadas entre ir e voltar o jogador pode jogar com apenas um dado.
- Quando um carrinho parar na casa de abastecimento de energia elétrica o jogador tira um cartão de energia aleatório, pois os cartões que estão sobre o tabuleiro estarão virados para baixo sem saber qual o valor do nível de energia.
- Quando um peão parar na casa de ônus, o jogador tirará uma carta e a lerá para saber o que ocorreu com seu carro elétrico dentro dos conceitos de energia e suas transformações. O jogador, irá efetuar o descarte de níveis de energia conforme a ação que a carta solicitar.

- Se um carrinho parar numa casa de pergunta, o jogador tirará uma carta e lerá a pergunta e em seguida, ele dará sua resposta perante os jogadores. Para saber se a resposta está correta ou não, basta o jogador apontar um aparelho celular, com leitor de *QRCode*, no centro da carta e assim visualizar a resposta. Caso acerte, ele ganhará um valor em nível de energia se errar, perderá um valor em nível de energia.

- Quando um carrinho parar na casa preta, o jogador perderá o cartão de maior nível de energia em mãos e ficará uma rodada sem jogar.

ANEXO B – JOGO EDUCACIONAL DE TABULEIRO PARA IMPRESSÃO

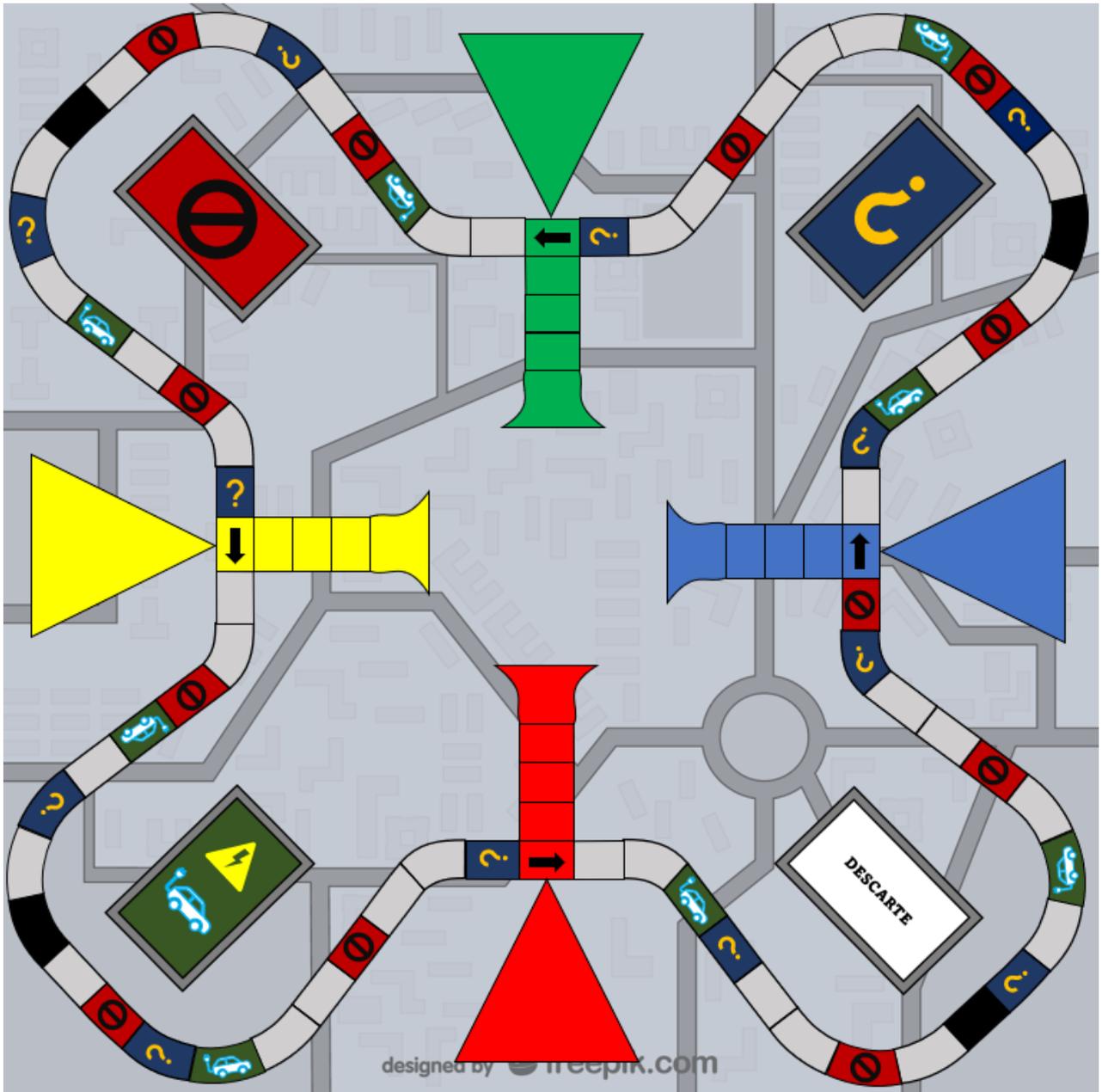
Devido ao tamanho dos arquivos do jogo, disponibilizarei um link compartilhado para download dos arquivos, onde o professor poderá imprimir e até mesmo editar.

https://drive.google.com/drive/folders/19C-R9afdQXELd5So22h6_HBHKDPwKU0?usp=sharing

ou pelo QRCode abaixo:



Imagens do jogo (Tabuleiro e os cartões):



<p>Região de fortes vento em sentido contrário ao movimento do veículo. Dessa forma, a força de arrasto sobre o carro faz que haja um aumento no consumo de energia elétrica em energia cinética.</p> <p><u>Ação:</u> Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.</p>	<p>Bateria danificada. Fique parado até alguém passar por você e rebocá-lo até uma oficina mais próxima. <u>Ação:</u> Você segue junto andando o mesmo número de casas em diante com que lhe rebocou.</p> <p><u>Ação:</u> Pague 1 nível de energia para cada casa que avançou ao reboque. Caso não tenha o suficiente, pague o que tem e "Game Over".</p>	<p>Você percorreu uma grande distância sem carregar sua bateria e o sistema de frenagem não foi o suficiente para recarregá-la.</p> <p><u>Ação:</u> Fique uma rodada sem jogar.</p>
<p>Região de fortes vento em sentido contrário ao movimento do veículo. Dessa forma, a força de arrasto sobre o carro faz que haja um aumento no consumo de energia elétrica em energia cinética.</p> <p><u>Ação:</u> Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.</p>	<p>Bateria danificada. Fique parado até alguém passar por você e rebocá-lo até uma oficina mais próxima. <u>Ação:</u> Você segue junto andando o mesmo número de casas em diante com que lhe rebocou.</p> <p><u>Ação:</u> Pague 1 nível de energia para cada casa que avançou ao reboque. Caso não tenha o suficiente, pague o que tem e "Game Over".</p>	<p>Você percorreu uma grande distância sem carregar sua bateria e o sistema de frenagem não foi o suficiente para recarregá-la.</p> <p><u>Ação:</u> Fique uma rodada sem jogar.</p>
<p>Você parou para dar carona para três pessoas. Logo, houve um aumento no consumo de energia.</p> <p><u>Ação:</u> Consumo de 3 níveis de energia a cada casa percorrida.</p>	<p>Pneu furado. A roda sobresalente (estepe) é de ferro fundido possuindo maior massa que as rodas originais do carro. Logo, o momento de inércia do estepe é maior e, consequentemente, haverá um aumento no consumo da energia da bateria.</p> <p><u>Ação:</u> Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.</p>	

Uma das rodas não está girando livremente por causa de um rolamento quebrado. Logo, a energia necessária para avançar é maior, por parte da energia da bateria está sendo convertida em energia térmica.

Ação: Consumo de 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

A temperatura da bateria está em torno de 45°C o que diminui a sua eficiência. Além disso, com alta temperatura, a resistência elétrica dos fios que ligam a bateria ao motor aumentou, intensificando o efeito Joule. Logo, houve um aumento no consumo de energia.

Ação: Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Você realizou várias ultrapassagens no percurso, aumentando muito o torque do motor. Por consequência, o aumento considerável da energia cinética para maior desempenho consumiu maior energia elétrica.

Ação: Consumo de 4 níveis de energia a cada casa percorrida.

Trecho de subida muito íngreme, onde parte da energia elétrica é convertida em energia potencial gravitacional do sistema carro-Terra como referencial.

Ação: Consumo de 4 níveis de energia a cada casa percorrida.

Trecho de descida íngreme, onde a energia potencial gravitacional do sistema carro-Terra será convertida em energia cinética.

Ação: Consumo de 1 nível de energia a cada casa percorrida.

As três pessoas que você estava dando carona desceram do carro, contudo entraram mais quatro passageiros na sequência. Logo, houve um aumento no consumo de energia.

Ação: Consumo de 1 nível a cada casa percorrida.

Região com vento a favor do movimento, porém o veículo está em uma descida muito íngreme, na qual foi necessário descer com a redução da rotação do motor e de controle dos freios. Logo, o consumo de energia da bateria será maior que o normal.

Ação: Consumo de 1 nível a cada casa percorrida.

Ação: Fique 2 rodadas parado para que a temperatura da bateria diminua.

A temperatura da bateria está em torno de 50°C.

Ao variar, a energia mecânica permanece constante em um sistema isolado.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Sai sempre de um corpo de maior temperatura e vai para o corpo de menor temperatura.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 3 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

É produzida através da diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um condutor.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 4 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 4 níveis de energia a cada casa percorrida.

Ao variar, a energia mecânica permanece constante em um sistema isolado.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Sai sempre de um corpo de maior temperatura e vai para o corpo de menor temperatura.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 3 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

É produzida através da diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um condutor.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 4 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 4 níveis de energia a cada casa percorrida.

Quanto mais agitadas as partículas que constituem um corpo, mais quente fica esse corpo.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

No cair da noite a energia elétrica resolve o problema transformando-se em...

Qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 1 nível de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 1 nível de energia a cada casa percorrida.

Através da força de atrito cinético entre dois corpos, essa energia é gerada.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 3 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

Quando um arqueiro traciona a corda do arco e a solta, ela volta ao seu estado inicial.

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 3 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

Na história, a energia cinética inicialmente era

Chamada de?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Só em 1807 a vis viva ou força viva passou a ser chamada de energia cinética.

Por qual físico?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Numa montanha-russa, desprezando o atrito das rodas do carrinho com o trilho e outras forças dissipativas, pode-se considerar a conservação de

qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Para que as folhas de uma árvore possam realizar a fotossíntese a mesma absorve energia solar e transforma essa energia em

Se trata de qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 1 nível de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 1 nível de energia a cada casa percorrida.

Analisando uma bola que é solta e cai de uma certa altura H em direção ao solo. Quanto mais próximo do solo a bola estiver maior será

Qual energia?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Considere um sistema, onde a energia mecânica é constante. Ao variar a energia cinética em -50 J ,

Qual será a variação de energia potencial no sistema?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Um corpo de massa 10 kg está a uma certa altura H do solo, onde a energia potencial gravitacional do corpo é de 200 J. Considerando a aceleração da gravidade como 10 m/s^2 .

Qual é a altura H do corpo?



Ação: Acerto: Regenerado 3 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

Um rapaz posiciona uma pedra no estilingue e estica o elástico propulsor mirando em um alvo a uma certa distância. Em seguida, ele solta o elástico convertendo a energia potencial elástica em

Qual o tipo de energia?



Ação: Acerto: Regenerado 3 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 3 níveis de energia a cada casa percorrida.

A energia mecânica de um móvel num dado sistema tem o valor de 180 J, desconsiderando as forças dissipativas e sabendo que a energia cinética é zero.

O móvel estará em repouso ou em movimento?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Um jogador de futebol na cobrança de falta. Ao chutar a bola ele está transferindo energia cinética do pé para a bola, a energia cinética da bola é de 25 J e a sua velocidade chega 10 m/s .

Qual a massa da bola?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Um corpo de massa 15 kg e se encontra a uma altura de 5 m do solo. Considerando a aceleração da gravidade 10 m/s^2 . Quando esse corpo estiver posicionado no solo.

Qual será a energia potencial gravitacional na altura de 5 m?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

Um corpo de massa 2 kg encontra-se a uma altura de 3 m do solo. Considerando a aceleração da gravidade de 10 m/s^2 .

Qual será a energia potencial gravitacional na altura de 3 m?



Ação: Acerto: Regenerado 1 nível de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 1 nível de energia a cada casa percorrida.

Considere um sistema, onde a energia mecânica é constante. Ao variar a energia potencial gravitacional em 250 J,

Qual será a variação da energia cinética no sistema?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.

A energia mecânica de um móvel num dado sistema tem o valor de 180 J, desconsiderando as forças dissipativas e sabendo que a energia cinética é zero.

Qual o valor da energia potencial do móvel?



Ação: Acerto: Regenerado 2 níveis de energia a cada casa percorrida; Erro: Consumido 2 níveis de energia a cada casa percorrida.



ANEXO 1 – Questionário sobre o Tema Energia

Questionário relacionado ao conceito de energia

Professor:

Nome: (Opcional)

Turma:

Data:

1. O que é energia? Explique com suas próprias palavras.

2. Você conhece os conceitos das palavras abstrato e concreto? Explique com suas próprias palavras.

3. No seu entendimento, o que é conservação? Justifique sua resposta.

4. O que são energias renováveis e não renováveis? Explique e cite pelo menos uma de cada.

OBS.: O questionário pode ser entregue aos alunos de forma impressa ou através de um formulário eletrônico, fica a critério do professor.